Die klimatischen Grundlagen der landwirtschaftlichen Bodenkultur auf Madeira.

INAUGURAL-DISSERTATION

verfaßt und

zur Erlangung der Doktorwürde

der

Philosophischen Fakultät

der

∴ Universität Leipzig ∴

vorgelegt von

Johannes Richter.

ACAD. LONDBAT. BIBL.

Leipzig.
Dr. Seele & Co.
1909.

Angenommen von der philosophisch-historischen Sektion auf Grund der Gutachten der Herren **Kirchner** und **Partsch.**

Leipzig, den 29. April 1909.

Der Procancellar:
(gez.) **Köster.**

Vorbemerkungen.

Seitdem in deutschen landwirtschaftlichen Kreisen der Gedanke Wurzel geschlagen hat, die Kulturgewächse des Ackers durch Bodenbewässerung unabhängiger von der Menge der Niederschläge zu machen, um ihr Gedeihen und ihre Ernteerträge auch in regenarmen Zeitperioden sicherzustellen, verdient es die Insel Madeira, so bedeutungslos für das Wohl und Wehe der deutschen Landwirtschaft sie sonst auch sein mag, mehr von uns beachtet zu werden, als es bisher der Fall war. Die fünf Jahrhunderte, welche seit der Entdeckung und Besiedelung der Insel verstrichen sind, haben auf der Grundlage ihrer charakteristischen Oberflächengestalt, ihrer klimatischen und hydrographischen Verhältnisse und im engen Zusammenhang mit der fortschreitenden landwirtschaftlichen Nutzung des Bodens ein Bewässerungssystem entstehen sehen, dessen hohe Entwickelungsstufe und kulturelle Bedeutung mit vollem Recht das Interesse des Landwirts in Anspruch nehmen darf, um so mehr, als gerade wir Deutsche in Fragen des Feldbewässerungswesens bisher noch keine eigenen praktischen Erfahrungen gesammelt haben und, um uns mit ihm vertraut zu machen, die Gelegenheit nicht versäumen sollten, jenseits unserer heimischen Grenzen nach Vorbildern zu suchen und vom Auslande zu lernen.

Die vorliegende Arbeit ist aus dem Wunsche hervorgegangen, meine deutschen Berufsgenossen mit den Bewässerungseinrichtungen Madeira's bekannt zu machen. Sie erscheint als die erste in einer Reihe von Abhandlungen, welche nach einander entstehen werden und das ganze Gebiet des madeirensischen Bewässerungswesens im Zusammenhange behandeln sollen. Ich habe die Beschreibung der klimatischen Verhältnisse allem Andern vorangestellt, weil das Klima eines der wichtigsten ausschlaggebenden Momente bei der Beant-

wortung der Frage nach der Notwendigkeit und voraussichtlichen Wirkung der Bodenbewässerung sein muß und deshalb auch hier an erster Stelle berücksichtigt zu werden verdient.

Wenn man die reichhaltige Literatur überblickt, welche sich im Laufe des vergangenen Jahrhunderts mit Madeira und seinem Klima beschäftigt hat, mag man wohl zunächst den Eindruck empfangen, als ob heutzutage kaum noch Neues über dieses Thema zu sagen wäre. Dem ist aber nicht so. Die meisten unter den älteren Schriftstellern beschreiben und beurteilen die klimatischen Verhältnisse in sehr einseitiger Weise vom ärztlichen Standpunkte aus,[1]) während das Klima in seiner Eigenschaft als natürliche Grundlage des Pflanzenlebens und der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion bisher noch niemals einer eingehenden Behandlung gewürdigt worden ist; kaum daß einige der älteren Werke, die auf Wissenschaftlichkeit keinen allzu hohen Anspruch machen können (Reisehandbücher, Reiseschilderungen u. dergl.), hier und da ein paar Worte über den Einfluß des Klimas auf Vegetation und Bodenkultur zu sagen wissen. In diesem Sinne erhebt die vorliegende Arbeit Anspruch darauf, neu zu sein und Neues zu bieten.

Unter den dargelegten Umständen konnte ich davon absehen, die gesamte ältere Literatur — soweit ich ihrer jetzt noch hätte habhaft werden können — zum Studium der klimatischen Verhältnisse Madeiras heranzuziehen. Ich beschränkte mich darauf, aus englischen und deutschen Werken über Madeira, aus meteorologischen Zeitschriften und anderen Quellen klimatologischen Inhalts meteorologisch-statistisches Tabellenmaterial zusammenzustellen, auf seine Zuverlässigkeit zu prüfen, mit dem zu vergleichen, was die betreffenden Verfasser darüber zu sagen hatten, und das aus ihm herauszulesen und ausführlich darzustellen, was für die Bodenkultur Madeiras von Wichtigkeit ist. Eine kleine Anzahl eigener Beobachtungen und Notizen, die ich während eines zehnmonatlichen Auf-

[1]) Madeira besitzt bekanntlich seit dem Ende des 18. Jahrhunderts eine hervorragende Bedeutung als Heilungsort für chronische, insbesondere tuberkulöse Erkrankungen der Atmungsorgane.

enthaltes auf Madeira sammelte, konnte mir hier und da das ältere, zum Teil recht lückenhafte Material ergänzen oder seine Ergebnisse wenigstens bestätigen.

Den Erörterungen über das Klima schicke ich eine kurzgefaßte geographische Beschreibung der Insel voraus. Sie soll den Leser mit Dingen vertraut machen, die ich an anderen Stellen des Buches als bekannt voraussetzen muß, wo auf die engen Wechselbeziehungen zwischen Oberflächengestalt, örtlicher Lage und klimatischen Eigenheiten einzelner Inselgegenden hingewiesen wird. Im zweiten Kapitel behandle ich einer guten Uebersicht halber die klimatischen Elemente einzeln und in nachstehender Reihenfolge:

1. Temperaturen. 2. Winde. 3. Bewölkung und Belichtung. 4. Niederschläge. 5. Elektrische Spannungen und Entladungen. 6. Atmosphärilien.

Den Luftdruckverhältnissen habe ich keine besondere Beachtung geschenkt, weil ihnen eine nennenswerte unmittelbare Bedeutung in landwirtschaftlichem Sinne nicht beizumessen ist. Die Schlußbetrachtung hebt die alles Andere überragende Bedeutung der Wasserfrage für die Vegetation und Bodenkultur Madeiras hervor und will damit die Aufmerksamkeit des Lesers auf das hinüberleiten, was in später erscheinenden Abhandlungen über das Bewässerungswesen der Insel berichtet werden soll.

Ob dem madeirensischen Bewässerungssystem später einmal in Deutschland oder in einer unserer Kolonieen irgendwelche vorbildliche Bedeutung beizumessen sein wird, das zu entscheiden ist hier nicht der Ort und mag weiteren dahingehenden Untersuchungen überlassen bleiben. Wenn aber die hier begonnene Darstellung auch nicht mehr als die Anregung geben sollte, weiter im Auslande Umschau zu halten und von anderen Völkern zu lernen, dann soll das Buch den Zweck erfüllt haben, zu dem es geschrieben ist.

Leipzig, im Januar 1909.

J. Richter.

Literatur.

1. **G. Hartung:** Geologische Beschreibung der Inseln Madeira und Porto Santo. Leipzig, 1864.
2. **P. Langerhans:** Handbuch für Madeira. Berlin, 1885.
3. **K. Mittermaier** und **J. Goldschmidt:** Madeira und seine Bedeutung als Heilungsort. Leipzig, 1885.
4. **F. Christmann:** Funchal auf Madeira und sein Clima. Inaugural-Dissertation. Altona, 1889.
5. **J. Y. Johnson:** Madeira, its Climate and Scenery. A Handbook for invalid and other Visitors. London, 1885.
6. **A. S. Brown:** Madeira, Canary Islands and Azores. London, 1903.
7. **J. Hann:** Handbuch der Klimatologie. Stuttgart, 1897 und 1908.
8. **W. Köppen:** Klimakunde I. Leipzig, 1906.
9. **H. W. Dove:** Klimatologische Beiträge, II. Teil. Berlin, 1869.
10. **Zeitschrift** der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie. XI. Band, Nr. 13. Wien, 1876.
11. **Meteorologische Zeitschrift,** herausgegeben im Auftrage der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie und der deutschen meteorologischen Gesellschaft. Band XV und XXI. Wien, 1898 und 1904.
12. **F. Wohltmann:** Handbuch der Tropischen Agrikultur, I. Band. Leipzig, 1892.
13. **H. Credner:** Elemente der Geologie. Leipzig, 1897.
14. **Ch. A. Vogler:** Grundlehren der Kulturtechnik, I. Band, 1. Teil. Berlin, 1903.
15. **Atlas des Atlantischen Ozeans.** Herausgegeben von der Direktion der Deutschen Seewarte. Hamburg, 1902.
16. **Segelhandbuch für den Atlantischen Ozean.** Herausgegeben von der Direktion der Deutschen Seewarte. Hamburg, 1899.
17. **C. A. Menezes:** As Zonas botanicas da Madeira e Porto Santo. Annaes de Sciencias Naturaes, vol. VIII, Porto, 1901.
18. **M. Breslauer:** Ueber die Beeinflussung des Pflanzenwachstums durch Elektrizität. Mitteilungen der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. Jahrgang 1908, Stück Nr. 50.
19. **Representação** dirigida ao Governo acerca das Aguas d' Irrigação na Madeira. Funchal, 1897.

Inhaltsübersicht.

Seite

Vorbemerkungen III
Literatur VI

Erstes Kapitel: Geographisches und Landwirtschaftliches 1

Geographische Lage und allgemeine Grundlagen der Klimabildung 1
Geologische Vergangenheit 1
Gestalt, Größe und Oberflächenform 2
Geschichtliches: Besiedelung und Ackerbau 6
Heutige Ausbreitung des Ackerbaues 7
Der Wald und seine Pflege, einst und jetzt 9

Zweites Kapitel: Das Klima 12

I. Temperaturen 13
Meeresströmung und Passat 13
Südküste 16
Temperaturunterschiede verschiedener Meereshöhen . . 20
Nordküste 21
Hochgebirge 24
Vegetative und landwirtschaftliche Bedeutung der Temperaturverhältnisse 27

II. Winde 33
Passat 33
Lokale Land- und Seewinde 35
Andere Winde, Leste 36
Windbeobachtungen 36
Winde und Bodenkultur 39

III. Bewölkung und Belichtung 39
Die Wolkenbildung des Passats 39
Die Bewölkung der Nordseite 40
Die Bewölkung der Südseite 41
Wolkenbeobachtungen und ihre Statistik 42
Vegetative und landwirtschaftliche Bedeutung der Bewölkung 45

Seite

IV. Niederschläge 47
Die Vegetation als Spiegelbild der Niederschlagsverhältnisse 47
Der Regenfall an der Südküste: Regenmengen . . . 48
Regenzeiten 49
Regentage 51
Regenfälle im Gebirge 52
Regenfälle an der Nordküste 54
Schnee, Hagel und Tau 55
Der Einfluß der Niederschlagsverhältnisse auf die Bodenkultur 56
V. Elektrische Spannungen und Entladungen . . 58
Die pflanzenphysiologische Bedeutung der atmosphärischen Elektrizität 58
Gewitterstatistik 59
VI. Atmosphärilien 60
Ozongehalt der Atmosphäre 60
Luftfeuchtigkeit: an der Südküste 61
an der Nordküste 62
im Gebirge 62
Vegetative Bedeutung und landwirtschaftlicher Wert der Luftfeuchtigkeit 63
Schlußbetrachtung 65

Erstes Kapitel.

Geographisches und Landwirtschaftliches.

Die Insel Madeira ist die größte unter den Inseln und Eilanden der „Madeiragruppe“ (Madeira, Porto Santo und Dezertas). Sie liegt zwischen 32° 49′ 44″ und 32° 37′ 18″ nördlicher Breite, und zwischen 16° 39′ 30″ und 17° 16′ 38″ westlicher Länge. Ihre Entfernung von der afrikanischen Küste (Kap Djuby) beträgt ungefähr 330 Seemeilen (= 611 km), und vom nächstgelegenen Punkte des europäischen Kontinents (Kap de São Vicente) 450 Seemeilen (= 833 km).

Wie diese Zahlen erkennen lassen, ist die Lage der Insel ausgesprochen ozeanisch. Sie hat sowohl geologisch, wie klimatisch nichts gemein mit litoralen Inselbildungen. Ihr Klima ist unbeeinflußt von der Nachbarschaft großer Landmassen und nimmt, soweit nicht rein örtliche Momente, wie Bodengestalt, Meereshöhe, Vegetation usw. modifizierend wirken, an Allem Anteil, was dem umgebenden offenen Weltmeer sein klimatisches Gepräge verleiht.

Seiner geologischen Beschaffenheit nach ist Madeira die höchste Erhebung eines aus 4000 bis 6000 m Meerestiefe aufsteigenden vulkanischen Gebirgskörpers. In der Tertiär- und Quartärperiode durch Uebereinanderlagerung eruptiver Gesteinsmassen langsam emporgewachsen, unterliegt die Insel seit dem Erlöschen der am Aufbau beteiligten Vulkane den zerstörenden und wiederabtragenden Einwirkungen der Luft, des Wassers und der Vegetation. Wann die Eruptionen ihr Ende gefunden haben, läßt sich nicht genau feststellen. Jedenfalls müssen

aber seitdem schon ansehnliche geologische Zeiträume verstrichen sein, denn allenthalben auf der Insel, selbst an Orten, wo die nachweisbar jüngsten Erzeugnisse eruptiver Tätigkeit abgelagert wurden, hat später das fließende Wasser die Spuren ungeheurer mechanischer Arbeitsleistungen hinterlassen, zu deren Vollendung Hunderttausende von Jahren nötig gewesen sein müssen. Madeira ist in seiner heutigen Gestalt ein aus einem Vulkangebirge durch Wasserkräfte herausmodelliertes Erosionsgebirge.

Die Küstenlinie der Insel hat annähernd die Gestalt einer Ellipse. Ihr Südrand erscheint im Kartenbilde beinahe intakt, während die nördliche Hälfte durch zwei große, segmentförmige Einbuchtungen entstellt ist. Die Längsachse der Ellipse läuft von dem Vorgebirge Ponta do Pargo im Westen bis zur Ponta de São Lourenzo im Osten nahezu in ost-westlicher Richtung und hat eine Länge von beinahe 57 km. Die größte Breite zwischen den Vorgebirgen Ponta da Cruz im Süden und Ponta de São Jorge im Norden beträgt 23 km. Der von der Küstenlinie umspannte Flächenraum wird von verschiedenen Autoren verschieden angegeben. Nach Mittermaier und Goldschmidt soll er 787 qkm, nach Johnson und Langerhans 823 qkm, nach Brown 574 qkm betragen. Keine dieser Zahlen ist auch nur annähernd richtig. Meine eigenen Ausmessungen an der Hand der Zieglerschen Karte von Madeira ergaben eine Fläche von 735 qkm. Eine spätere, im Geographischen Institut der Universität Leipzig vorgenommene polarplanimetrische Ausmessung auf der englischen Admiralitätskarte ergab 730 qkm Flächenraum. Es ist nicht zu entscheiden, welche von den beiden letztgenannten Zahlen der Wahrheit am nächsten kommt. Die nicht ganz korrekte Zeichnung der Zieglerschen Karte und der kleine Maßstab der englischen Admiralitätskarte können bei beiden Berechnungen Fehler bis zum Betrage von etwa 1 % der Gesamtfläche hervorgerufen haben.

Einfach und übersichtlich gezeichnet, wie die Küstenlinie Madeiras, ist auch seine Gebirgsform. Aus dem ehemals kompakten, flach gewölbten und wenig gegliederten Gebirgsmassiv, als welches wir uns die Insel am Ende ihrer vulkani-

schen Tätigkeit vorstellen dürfen, hat das fließende Wasser im Laufe ungezählter Jahrtausende einen einheitlich gestalteten, in ungefähr ost-westlicher Richtung verlaufenden Bergrücken geschaffen, welcher nach allen Seiten hin steil zum Meere abfällt, und dessen Wasserscheide die Insel in zwei ungleiche Hälften zerschneidet. Die nördliche ist die kleinere von beiden. Hier hat die von vorherrschenden nördlichen und nordöstlichen Winden unterstützte brandende See bei ihrem Vordringen landeinwärts die niedrigen Randhöhen des Gebirges fast vollständig abgetragen und einen steilen, stellenweise fast senkrecht abfallenden Küstensaum geschaffen, der in wechselnder Höhe, zuweilen bis zu mehreren Hundert Metern ansteigend und nur von wenigen tiefeingeschnittenen Flußtälern unterbrochen,[1]) die Insel wie eine unzugängliche Mauer nach dem Meere hin abschließt. Auf der Südseite haben die niedrigen Ausläufer des Gebirges der schwächeren Brandung erfolgreicher Widerstand geleistet. Die felsige Küste steigt zwar auch hier steil aus dem Meere empor, wie im Norden, aber sie ist abwechselungsreicher in ihrem ganzen Aufbau, häufiger von ausmündenden engen Tälern und Schluchten durchbrochen und im Mittel bedeutend niedriger. Stellenweise bilden weitausgedehnte Trümmerhalden, Ansammlungen von abgestürztem Gesteinsmaterial am Fuße der Felswände, oder ins Meer hinausgebaute Geschiebemassen an den Flußmündungen den Uebergang vom Meere zum steil ansteigenden Gebirge.

Die oben erwähnte Wasserscheide zwischen Nord und Süd bildet gleichsam das Rückgrat Madeiras und ist ein mannigfach zergliederter, teils abgeplatteter, teils kamm- oder dachfirstähnlich zugeschärfter Gebirgszug, dessen Höhe im allgemeinen mit der Breite der Insel wechselt, und von dem aus seitlich angegliederte Höhenzüge und Berggehänge, Strebe-

[1]) Die meisten der kleinen Wasserläufe der Nordseite erreichen das Meer nicht in Höhe des Seespiegels, sondern treten hoch über ihm an die Küste heran. Die Profile ihrer unbedeutenden Talfurchen gleichen, von hoher See aus gesehen, visierartigen Einschnitten am oberen Rande der steilen Küstenfelsen.

pfeilern vergleichbar, nach allen Richtungen hin zur Küste hinabsteigen. Der zentral verlaufende Hauptzug hat an seinem westlichen Ende im Hinterlande des Vorgebirges Ponta do Pargo eine Meereshöhe von ungefähr 1200 m. Nach Osten zu steigt er bis in die Mitte der Insel teils in seiner ganzen Masse, teils in einzelnen, dem Kamm aufgesetzten Gipfeln zu immer beträchtlicheren Höhen empor, um jenseits des Inselzentrums nach seinem östlichen Ende hin wieder abzufallen. Einige Höhenangaben mögen dies veranschaulichen:

I. Spitzen des Zentralkammes westlich vom Paul da Serra:

Pico dos Bodes	1302 m
Pico da Urze	1406 m

II. Das Tafelland Paul da Serra,[1]) im Mittelpunkte der westlichen Inselhälfte:

mittlere Meereshöhe	1500 m

III. Berggipfel zwischen dem Paul da Serra und dem Tafellande am Poizo[2]) (von W nach O):

Pico das Torrinhas	1823 m
Pico Canario	1661 m
Pico Ruivo (der höchste Berg der Insel)	1859 m
Pico Arieiro	1815 m

IV. Hervorragende Punkte im Bereiche des Poizo-Hochlandes, nördlich von Funchal:

Pico do Poço da Neve	1478 m
Pico do Poizo	1394 m
Poizo-Paß (dem Pico d. P. benachbart)	1388 m
Pico das Obobras[3])	1454 m

V. Gipfel des Zentralkammes östlich vom Poizo-Hochland:

Pico da Suna	1041 m
Pico da Naia	762 m

[1]) Der Paul da Serra ist nach Hartung ein erhalten gebliebener Rest des ehemaligen breiten und ungegliederten, abgeplatteten Bergrückens.

[2]) Zuweilen auch Poiso oder Pouso geschrieben.

[3]) Auch d'Aboboras geschrieben.

Zur Vervollständigung des Bildes und zum Vergleiche mit heimischen Verhältnissen mögen folgende Zahlen dienen:

I. Höhenlagen wichtiger Punkte und Ortschaften im Innern Madeiras:

Santa Anna (Dorf nahe der Nordostküste, östlich vom Ribeiro de São Jorge) . . .	ca. 330 m
Santo Antonio da Serra (östlich vom Pico das Obobras)	ca. 630 m
Camacha (zwischen Funchal und S. Antonio da Serra)	ca. 670 m
Die Kirche Nossa Senhora do Monte (oberhalb Funchal)	584 m
Die Unterkunftshütte im Rabaçal (Quellgebiet des Ribeiro da Janella, westlich vom Paul da Serra)	1132 m

II. Höhenlagen in mitteleuropäischen Gebirgen:

Rigi	1800 m
Brennerpaß	1350 m
Harzgebirge, mittlere Höhe	650 m
Brocken	1140 m

Der symmetrischen Grundform des Gebirges entsprechend hat sich das fließende Wasser seine Wege vorzugsweise in radialer Richtung, d. h. mehr oder weniger senkrecht zur elliptischen Küstenlinie, in die Berggehänge eingeschnitten. Zwischen den Tälern und Schluchten der Flußläufe und dem engmaschigen Netzwerk ihrer Nebenflüßchen und Quellbäche sind als Scheidewände dachfirstähnlich oder rückenförmig gestaltete Höhenzüge stehen geblieben, welche in endloser Wiederholung, nur in Form und Maßen variierend, fast die ganze Masse des Gebirges zusammensetzen. Auf diese Weise bilden dicht nebeneinander gruppierte, oft gewaltige Höhenunterschiede den immer wiederkehrenden Grundzug im Bilde einer madeirensischen Gebirgslandschaft, mag sie der Küste angehören, oder dem Binnenlande. Halbwegs ebene, ungegliederte Flächen hat die Insel nur an drei Stellen aufzuweisen: Im Westen das Plateau des Paul da Serra, im Zentrum das Poizo-

Hochland, eine wellenförmige und mit einzelnen Felskuppen und Rücken besetzte Hochebene, und östlich von ihr das kleine, ähnlich gestaltete Plateau von Santo Antonio da Serra.

Wie aus den oben angeführten Zahlen hervorgeht, haben wir es in Madeira mit einem auf engem Flächenraume aufgebauten, ansehnlichen Hochgebirge zu tun, dessen stark ausgeprägte Gegensätze zwischen Nord und Süd, Höhe und Tiefe, Binnenland und Küste von vornherein auf das Vorhandensein klimatischer Unterschiede schließen lassen. Diese sowohl, wie die Gebirgsform selbst, haben denn auch auf die kulturelle Entwickelung Madeiras von Beginn seiner Geschichte an einen unverkennbaren Einfluß ausgeübt. Als portugiesische Seefahrer im Jahre 1419 die Insel entdeckten, war sie mit dichtem Urwald bedeckt und völlig unbewohnt. Nichts deutete darauf hin, daß schon früher einmal eines Menschen Fuß die Insel betreten hatte. Wegen ihres ungewöhnlichen Waldreichtums gaben ihr die Entdecker den Namen „Madeira“ [1]). Die Insel wurde für die Krone von Portugal in Besitz genommen und ihre Besiedelung bald darauf ins Werk gesetzt. Der fruchtbare vulkanische Verwitterungsboden [2]) und das milde, subtropische Klima versprachen der landwirtschaftlichen Bodenkultur sichere Erfolge und zogen von Anfang an Ackerbauer als Kolonisten nach dem neuentdeckten Lande. Erst wo diese ihre Heimstätten erbaut und durch Urbarmachung und landwirtschaftliche Nutzung des Bodens die Grundlage zu weiterer Kolonisierung geschaffen hatten, konnten auch andere Berufsarten, Handel und Gewerbe sich zu gemeinsamer Arbeit zusammenschließen und an der weiteren kulturellen Entwicke-

[1]) Das Wort „madeira“ ist identisch mit dem lateinischen „materia“ und bedeutet, wie dieses: Holz, Gehölz, Wald. Julius Caesar beschreibt im fünften Buche seiner Commentarii de Bello Gallico die Waldvegetation Britanniens mit den Worten: Materia cuiusque generis, ut in Gallia, est praeter fagum atque abietem.

[2]) Das Gebirge Madeiras besteht aus Felsarten von vorwiegend basaltischem, stellenweise basaltisch-doleritischem und trachytischem Gepräge. Ihre Struktur ist sehr verschieden: Weit verbreitet sind dichte Basalte, basaltische Schlacken und schlackige Agglomerate, Tuffe und Aschen.

lung Madeiras tätigen Anteil nehmen. So ist es im Grunde genommen auch bis heute geblieben: Besiedelung und Ackerbau sind fünf Jahrhunderte hindurch stets dieselben Wege auf Madeira gegangen, und die einheimische Bevölkerung beschäftigt sich heute noch immer vorzugsweise, hier und da auch ausschließlich mit Ackerbau. Das Handwerk bildet verhältnismäßig selten die einzige Erwerbsquelle der Bewohner, und der Handel liegt, als selbständige Erwerbstätigkeit betrachtet, fast völlig in den Händen der auf Madeira, bezw. in seiner Hauptstadt Funchal ansässigen Fremdenkolonie.

Von der Küste aus, wo aus naheliegenden Gründen die ersten Ansiedelungen entstanden und im Laufe der Jahre zu größeren Ortschaften heranwuchsen [1]), drang die rodende Hacke des Landmannes allmählich immer weiter landeinwärts vor, und so entstand mit der Zeit eine ringförmige Ackerbauzone, welche sich heute in wechselnder Breite um das der Bodenkultur unzugängliche und fast unbewohnte Hochgebirge herumzieht. Die Südküste gestattete wegen ihrer klimatischen Vorzüge und der geringeren Meereshöhe ihres nächstgelegenen Hinterlandes dem Ackerbau eine bedeutend größere Ausdehnung als die hohe, steil ansteigende Nordküste. Die Waldregion, welche sich fast überall auf der Insel der oberen Ackerbaugrenze landeinwärts anschließt, tritt im Norden viel näher an die Küste heran als auf der Südseite, und es sind dort, von einigen bevorzugten Gegenden (Arco de São Jorge, Santa Anna, Fayal usw.) abgesehen, weniger die Küstenstriche selbst, als vielmehr die tief eingeschnittenen, nach Norden sich öffnenden Täler des Hinterlandes zum Schauplatz einer intensiven landwirtschaftlichen Kultur geworden. Das gilt vor allem für die Täler des Ribeiro [2]) de São Vicente, des Ribeiro da Metade und des Ribeiro Frio. In dem letztgenannten Tale war schon in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts die landwirtschaftliche Nutzung des Bodens landeinwärts bis in die Nähe des Poizo-Hochlandes, in eine Meereshöhe von 900 m

[1]) Die nachweisbar ältesten Niederlassungen an der Südküste sind die Ortschaften Machico, Santa Cruz, Funchal und Camara de Lobos.

[2]) Ribeiro = Fluß, Bach.

vorgedrungen, damals auf der Nordseite wohl die am höchsten gelegene und am weitesten ins Innere vorgeschobene Stätte landwirtschaftlicher Bodenkultur. Auf der Südseite des Gebirges beobachten wir ähnliches im Curral das Freiras, dem Quellgebiete des bei Camara de Lobos mündenden Ribeiro dos Soccorridos. Die Talsohle dieses im Zentrum der Insel gelegenen, ungeheueren Kessels hat bereits in etwa 2 km Entfernung vom Hauptgebirgskamme eine Meereshöhe von nur 600 bis 650 m. Die verhältnismäßig tiefe und geschützte Lage des Ortes, mitten im Hochgebirge, hat seine Besiedelung und landwirtschaftliche Nutzung veranlaßt und eine von der oben erwähnten Ackerbauzone völlig getrennt gelegene Oase des Ackerbaues geschaffen, die auf Madeira als die einzige ihrer Art betrachtet werden muss.

Im allgemeinen hat die obere Grenze des Ackerbaues in ihrer langsamen Aufwärtsbewegung die Meereshöhe von 900 m noch nicht überschritten, sie an vielen Stellen auch noch nicht einmal erreicht, wo Wassermangel, Geländeschwierigkeiten oder ungünstige Bodenverhältnisse dies verhinderten. Damit soll nun allerdings nicht gesagt sein, daß jenseits der 900-Metergrenze die landwirtschaftliche Bodennutzung etwas völlig Unbekanntes oder gar Unmögliches wäre. Ausnahmen — wenn auch sehr unwesentliche — gibt es auch hier: Die Bewohner der Unterkunftshütten im Rabaçal und am Poizo-Passe bauen in Meereshöhen von 1132 und 1388 m (vgl. S. 4 und 5) in unmittelbarer Nähe ihrer Wohnstätten ebenso ihren Kohl und andere Vegetabilien für den Hausbedarf, wie die Bauern in Gegenden unterhalb 800 bis 900 m. Noch vor wenigen Jahrzehnten lag die Ackerbau-Grenze auf der Südseite Madeiras zwischen 750 und 850 m. Die Nachfrage nach Ackerland stieg aber seitdem und steigt noch heute mit dem wachsenden Lebensmittelbedarf der langsam, aber beständig zunehmenden Bevölkerung. Es mußten infolgedessen fortgesetzt neue Ländereien urbar gemacht und als Ackerland in Benutzung genommen werden, und das geschah in der Regel an der oberen Grenze der Ackerbauzone. Dieselbe wurde auf diese Weise immer mehr landeinwärts verschoben, so dass die obengenannte

Zahl 900 m heute für beide Seiten des Gebirges als mittlere Höhengrenze des Ackerbaues betrachtet werden darf. Daß die landwirtschaftliche Bodennutzung bisher an einer solchen Höhenlinie halt machte oder sie nur zögernd überschritt, findet seine Erklärung weniger in klimatischen Verhältnissen, als vielmehr in Rücksichten auf Verkehrslage, Oberflächenform und Bodenbeschaffenheit.

Mit dem langsamen Vordringen der landwirtschaftlichen Bodenkultur ging eine allmähliche Vernichtung der Waldvegetation und eine Verringerung der bewaldeten Flächen Hand in Hand. Das war zwar im Interesse einer besseren wirtschaftlichen Bodennutzung unvermeidlich, geschah aber von Anfang an leider nicht in der Weise, daß man Waldbestände geschont hätte, deren Bodenflächen zur Anlage von Ansiedelungen oder als Kulturland nicht verwertet werden konnten. In dieser Hinsicht ist im Laufe der letzten fünf Jahrhunderte viel, sehr viel gesündigt worden. Schon in den ersten Jahrzehnten nach der Entdeckung Madeiras wurden von den Ansiedlern in unvernünftigem Draufloswirtschaften viel größere Urwaldflächen vernichtet[1]), als zur Gewinnung von Ackerland und Raum für Niederlassungen nötig gewesen wäre. Man rodete einen großen Teil der Waldungen um ihrer selbst willen, um auf bequeme Weise Kapital aus ihnen zu schlagen, nicht um Neues an ihre Stelle zu setzen, und man unterließ es in wirtschaftlicher Kurzsichtigkeit, das, was vorläufig noch erhalten blieb, zu schonen und vor fernerer Vernichtung zu schützen. Jetzt sind nennenswerte Reste der alten Urwaldvegetation nur noch in unbewohnten Gegenden im Herzen des Gebirges und auf seinen nördlichen Abhängen anzutreffen; im Süden ist sie beinahe völlig verschwunden. Manche Arten der ehemals reichen Laubwaldflora sind schon lange ausgestorben oder dem Aussterben nahe, andere gedeihen noch hier und da, aber zumeist nur vereinzelt, kaum noch zu grösseren Beständen vereinigt. An ihre Stelle trat mit der

[1]) Eine — allerdings sehr unwahrscheinlich klingende — Sage berichtet, dass ein Waldbrand, der von den Kolonisten angelegt war, um Ackerland zu gewinnen, erst nach sieben Jahren gelöscht worden sei.

Zeit die vom Auslande eingeführte langnadelige Kiefer (Pinus Pinaster).

Von der ganzen Inseloberfläche sind die nördlichen Abhänge des Gebirges heute verhältnismäßig noch am stärksten bewaldet. Die Besiedelung und Nachfrage nach Ackerland war hier, wie wir früher gesehen haben, bedeutend schwächer, als im Süden, die Gefahr der gewaltsamen Waldvernichtung infolgedessen geringer. Zudem bietet die niederschlagsreichere Atmosphäre der Nordseite der Waldvegetation von vornherein die Möglichkeit eines viel üppigeren Gedeihens, als jenseits der Berge.

Anders im Süden: Hier grenzt die Waldregion nach unten mit der landeinwärts weithin sich ausbreitenden Ackerbauzone. Höchstens wo diese aus irgendwelchen Gründen unkultiviert gebliebene Landflächen (vgl. S. 8, Mitte) einschließt, tritt der Wald näher, stellenweise auch dicht an die Küste heran. Nach oben hin geht er allmählich in wildes, niedrig und lückenhaft bestandenes Buschland über. Die höchstgelegenen Teile des Gebirges sind entweder mit einer dürftigen Heidevegetation bedeckt oder ganz kahl. Das trifft leider auch für weite Flächen des Hochlandes zu, wo Bodenverhältnisse und Klima das Gedeihen einer Waldvegetation ermöglichten, wenn nur der Inselbewohner sich dazu verstehen wollte, hier planmäßig vorzugehen und durch Anlage neuer Kulturen wieder gut zu machen, was seine Vorfahren gesündigt und verdorben haben. Aber freilich — der Sinn für eine regelrechte forstwirtschaftliche Waldpflege ist unter der Bevölkerung Madeiras noch niemals heimisch gewesen. In den Augen des madeirensischen Bauern ist der Wald ein Besitztum aller, in dem er schalten und walten darf, wie er will. Er nimmt ihm, was er irgend verwerten kann: Holz, Streu für seinen Viehstall, Bodenmaterial zur Verbesserung neuangelegter bodenarmer Ackerflächen, aber er gibt ihm nichts dafür zurück. Und — was hierbei am schwersten wiegt — es hat niemand gegen solches unwirtschaftliches Handeln etwas einzuwenden. Wohl existiert ein Gesetz, welches auf dem Papier die planlose Holznutzung des Waldes im Gebirge verbietet, aber es küm-

mert sich niemand darum, und die Waldverwüstung schreitet vorwärts, wie vor Hunderten von Jahren. Sie ist im Laufe der Zeit nicht ohne Einfluß auf die klimatischen und hydrographischen Verhältnisse der Insel geblieben. Schwerwiegende Bedenken für die wirtschaftliche Zukunft Madeiras, welche mit einer blühenden Landwirtschaft untrennbar verbunden ist, knüpfen sich namentlich an die unaufhaltsam fortschreitende Denudation der des Waldes beraubten Flächen, welche die Möglichkeit ihrer Wiederaufforstung mehr und mehr in Frage stellt, und an das ungestüme, nach heftigen Unwettern im Gebirge oft unvermittelt eintretende, zu Ueberschwemmungen führende Abfließen der gefallenen Regenmengen. Die Geschichte Madeiras weiß von so manchen Hochwasserkatastrophen zu erzählen, denen innerhalb weniger Stunden ganze Ortschaften zum Opfer fielen, und welche immer und immer wieder darauf hinwiesen, wo der Hebel angesetzt werden müsse, um die Wiederholung solcher Unglücksfälle zu verhüten. Trotz alledem wird an den bestehenden traurigen Zuständen so gut wie nichts geändert[1]). Die Unwissenheit und Armut der Bevölkerung, die Nachlässigkeit der Verwaltung, der dem Südeuropäer nun einmal eigene Charakterzug der Schlaffheit und Sorglosigkeit, das fehlende Verständnis für weitschauende wirtschaftliche Ideen und — der Geldmangel lassen es bei dem bisher geduldeten forstwirtschaftlichen Schlendrian bewenden.

Laissez faire, laissez aller! — was geht den Madeirensen die wirtschaftliche Zukunft seiner Heimat und seines Bodens an? — —

---

[1]) Eine Eingabe, welche im Jahre 1897 seitens einer grösseren Gruppe von Bewässerungsgenossenschaften Madeiras dem Könige von Portugal überreicht wurde (vgl. S. VI Nr. 19), führt in ihrem ersten Teile Klage über die Unhaltbarkeit der forstwirtschaftlichen Zustände und erwähnt, dass Verordnungen und Gesetze zum Zwecke der Förderung der Waldwirtschaft auf Madeira bereits im 16., 17. und 18. Jahrhundert erlassen wurden, aber nur auf dem Papier standen und niemals eine Besserung der bestehenden Verhältnisse herbeizuführen vermochten.

Zweites Kapitel.

Das Klima.

Das meteorologische Beobachtungsmaterial, welches den nachstehenden Ausführungen als Unterlage dient, gibt uns — das sei hier zum Zwecke seiner richtigen Bewertung vorausgeschickt — kein lückenloses Bild von den klimatischen Eigenheiten Madeiras. Bis in die allerjüngste Zeit wurden Beobachtungen von hinreichender Ausführlichkeit und Zuverlässigkeit ausschließlich in Funchal und seiner nächsten Umgebung, d. h. an Orten angestellt, welche nahe der Südküste und in geringer Meereshöhe gelegen sind. Das Innere und die Nordseite der Insel wurden dagegen seitens der Klimatologen sehr vernachlässigt, besonders von denen, welche das Klima vom ärztlichen Standpunkte aus beurteilten. Für sie galt aus naheliegenden und dem Arzte einleuchtenden Gründen Funchal, der Sammelpunkt und bevorzugte Aufenthaltsort der auf Madeira lebenden Kranken, und seine nächste Umgebung als das einzige in Betracht zu ziehende Arbeitsfeld ihrer klimatologischen Tätigkeit.

Es wäre nun irrig, einzig und allein aus den Resultaten solcher Beobachtungen Schlüsse auf klimatische Verhältnisse der ganzen Insel, insbesondere ihres hochgelegenen Binnenlandes ziehen zu wollen. Das wenige, was sonst noch außerhalb Funchals, in verschiedenen Gegenden und Höhenlagen der Insel und von verschiedenen Beobachtern, namentlich von Langerhans, Mittermaier und Menezes an meteorologischen Notizen gesammelt und zum Teil in Werken über Madeira, in Zeitschriften usw. veröffentlicht wurde, kann wegen der ihm durchweg anhaftenden fragmentarischen Unvollkommenheit und Unzuverlässigkeit kaum als Grundlage zur korrekten Darstellung klimatischer Verhältnisse herangezogen werden. Wenn ich trotzdem in meinen späteren Ausführungen hier und da auf

einige dieser Beobachtungsresultate hinweise, so geschieht dies nur deshalb, weil mir besseres Quellenmaterial zur Begründung dessen, was ich sage, nicht zur Verfügung steht. Und solche Unterlagen durch eigene Beobachtungen in einer für die Berechnung brauchbarer Mittelwerte hinreichenden Menge zu beschaffen war mir in der kurz bemessenen Zeit meines Aufenthaltes auf Madeira nicht möglich. Ich muß mich deshalb damit begnügen, die Klimaunterschiede der Küstengegenden und des Hochlandes, der Nord- und Südseite stellenweise in allgemeiner gehaltener Form und ohne den Hinweis auf beobachtete und berechnete Zahlenwerte darzustellen.

I. Temperaturen.

Madeira gehört seiner geographischen Lage nach der subtropischen Klimazone an und liegt in der Nähe ihrer nördlichen Grenzlinie.

Eine natürliche Konsequenz seiner ozeanischen Lage ist die außerordentliche Gleichmäßigkeit seiner Lufttemperatur. Dieselbe wird von zwei Faktoren in hervorragendem Maße beeinflusst: von der Meeresströmung und vom Passatwind.

Der Teil des Atlantischen Ozeans, dem die nordwestafrikanischen Inselgruppen angehören, wird von einer Strömung beherrscht, welche sich ungefähr zwischen dem 35. und 45. Breitengrade in der Nähe der Azoren von dem nordostwärts laufenden Golfstrom in östlicher Richtung abzweigt und in der Nähe der portugiesischen Küste über SE nach S sich wendend unter dem Namen „Canarienstrom“ die Nordwestküste von Afrika und die ihr vorgelagerten Inseln berührt.[1])

[1]) Von manchen Schriftstellern (unter anderen von Johnson, Brown, Dove) wird diesem südwärts abgelenkten Seitenarme des Golfstromes gleichfalls der Name „Golfstrom“ beigelegt. Dove geht noch weiter; er spricht sogar (s. Klimatologische Beiträge, II. Teil, S. 53 oben) vom „in sich zurücklaufenden Golfstrom“ und beansprucht diese Bezeichnung für den ganzen, rund um die nordatlantische Sargassosee zirkulierenden Stromkreis. Es mag hier dahingestellt bleiben, inwieweit diese etwas gewagte Uebertragung des Namens „Golfstrom“ auf andere, mit diesem in Verbindung stehende Meeresströmungen berechtigt ist. Ueblich ist sie keineswegs.

Seiner Herkunft und Stromrichtung nach hat der Canarienstrom den Charakter einer relativ kalten Strömung. Sein Wasser besitzt an der Oberfläche eine im Laufe des Jahres schwankende Temperatur, und zwar liegt Madeira[1])

im Februar auf der Wasserisotherme von 17°,
im Mai zwischen den Isothermen von 18 und 19°,
im August „ „ „ „ 23 „ 24°,
im November „ „ „ „ 20 „ 21°.

Die Monatsmittel der Lufttemperatur über dem Ozean sind in der Nähe Madeiras die folgenden:[2])

Januar	16,9°	Juli	22,2°
Februar	16,5°	August	23,3°
März	16,6°	September	22,1°
April	17,8°	Oktober	21,5°
Mai	18,6°	November	19,9°
Juni	20,3°	Dezember	18,0°

Der Vergleich dieser Zahlen mit den oben angeführten Temperaturen des Wassers beweist uns, daß die untersten Luftschichten über dem offenen Meere im Winter (November und Februar) kälter sind, als das Wasser, im Sommer (Mai und August) ungefähr dieselbe Temperatur besitzen wie dieses. Das Meer wirkt demnach auf die Atmosphäre im Winter in geringem Maße erwärmend, im Sommer dagegen infolge der ununterbrochen stattfindenden intensiven Wasserverdunstung abkühlend ein. Beide Vorgänge beteiligen sich abwechselnd an der Ausgestaltung der Temperaturverhältnisse Madeiras in der Weise, daß die Insel im Winter ein wärmeres, im Sommer ein kühleres Klima besitzt, als andere Küstengegenden der Erde unter demselben Breitengrade.[3])

---

[1]) Atlas des Atlantischen Ozeans, II. Auflage, Tafel 5 bis 8.

[2]) Atlas des Atlantischen Ozeans, II. Auflage, Tafel 10 bis 12.

[3]) Durch die oben angeführten Zahlen wird die in der Madeira-Literatur hier und da vertretene Ansicht widerlegt, daß der Canarienstrom als eine ununterbrochen fliessende direkte Wärmequelle für die Atmosphäre Madeiras anzusehen sei. Zum Beweise für diese Behauptung wird darauf hingewiesen, dass zwischen dem Wasser des Canarienstroms in der Nähe der Insel und dem Wasser unweit der marokkanischen

Die ausgleichende Wirkung des Ozeans auf die Lufttemperatur Madeiras wird durch den Umstand gefördert, daß reichliche Mengen von Wasserdampf, welche das Meer an die Atmosphäre abgibt, den Feuchtigkeitsgehalt derselben dauernd hoch erhalten und sowohl die Wärmeausstrahlung der Erdoberfläche, wie auch die erwärmende Wirkung der Sonnenstrahlen vermindern. Die Luftfeuchtigkeit reguliert auf diese Weise die Temperaturverhältnisse Madeiras nach zwei scheinbar entgegengesetzten Richtungen hin: Wärme erhaltend und abkühlend.

Der Einfluß des Passats auf die Lufttemperatur tritt auf Madeira nicht so deutlich in Erscheinung und ist auch kein so gleichmäßiger und ununterbrochener, wie jener des Meeres. Seine Wirkung ist eine mehr indirekte insofern, als er, wie wir später erfahren werden, zu regelmäßig wiederkehrenden Wolkenbildungen über der Insel Anlaß gibt, welche ihrerseits wieder in gleicher Weise, wie der Wassergehalt der Luft, aber in noch viel höherem Maße als dieser, hemmend auf Temperaturschwankungen der Atmosphäre einzuwirken vermögen.

Die Windstärke des Passats und seine Richtung sind auf der Breite Madeiras Schwankungen unterworfen, welche teils

---

Küste, auf der Höhe von Mogador ein Temperaturunterschied von 4,5° C. beobachtet worden sei, daß demnach das Wasser der Strömung eine bedeutend höhere Temperatur besitze, als das Wassser benachbarter Meeresteile. Die von Sir Wyville Thomson und Anderen nachgewiesene auffällige Temperaturdifferenz lässt sich aber in einfacher Weise und ohne zu der Hypothese vom „warmen Canarienstrom“ zu verleiten, dadurch erklären, daß höchst wahrscheinlich Wasser dieser Strömung mit einem anderen Wasser verglichen wurde, welches längs der Westküste von Nordafrika zwischen Gibraltar und dem Cap Verde als „kaltes Küstenwasser“ aus der Tiefe emporquillt und gemeinsam mit der etwas wärmeren, und dennoch kalten Canarienströmung an der Bildung des abnorm kühlen Klimas der marokkanischen Westküste beteiligt ist.

J. Hann führt in seinen Erörterungen über das kalte Küstenwasser der marokkanischen Westküste einen noch grösseren beobachteten Temperaturunterschied an, als Johnson (Handbuch der Klimatologie, Bd. I, S. 173): Temperatur des Wassers an der Küste von Mogador 15,6°, 20 Seemeilen weiter seewärts 21,1°.

in bestimmten Zeitintervallen wiederkehren, teils auch in ungeregelter Folge sich bemerkbar machen können. Die nördliche Grenzlinie des Passats[1]) verändert ihre Lage im Frühjahr und Herbst in der Weise, daß Madeira zur Sommerszeit innerhalb der Passatregion, im Winter um einige Breitengrade ausserhalb derselben liegt. So wird der Passat nur während der Sommermonate für Madeira der vorherrschende Wind; im Winter ist er das nicht.[2]) Auch ist anzunehmen, daß sein Einfluß auf die Temperaturbildung auf der Nordseite der Insel größer ist, als im Süden. Solange der Passat weht, liegt die Südseite zum grössten Teile im Windschatten des zentralen Gebirgskammes. Infolgedessen wird ihre Lufttemperatur nur in verhältnismäßig geringem Grade vom Passat selbst, um so mehr von anderen Faktoren beeinflußt, denen zum Teil nur eine lokale Bedeutung beizumessen ist.

Seit ungefähr 150 Jahren hat sich auf Madeira eine große Anzahl von Beobachtern mit Temperaturmessungen beschäftigt. Es wäre ein zweckloses Beginnen, ihre sämtlichen Beobachtungsresultate hier nebeneinander aufzuführen, zu vergleichen und zur Darstellung der Temperaturverhältnisse heranzuziehen. Die verschiedene, oft ungenügende Länge der Beobachtungszeit, Verschiedenheiten der Ortslage, der Instrumente, des Beobachtungs- und Berechnungsverfahrens lassen eine unparteiische und gleichmäßige Berücksichtigung des gesamten vorliegenden Materiales nicht zu. Ich wähle das Zuverlässigste aus der großen Masse des Vorhandenen aus und gebe in den hier folgenden Tabellen A und B einen Auszug

[1]) Nach Köppen liegen die Grenzen des Nordostpassatgürtels im Atlantischen Ozean im März unter 3° und 26° N, im September unter 11° und 35° N.

[2]) Das Segelhandbuch für den Atlantischen Ozean gibt auf S. 83 hierüber folgendes an:

„In Madeira weht der NE-Passat von Mitte April bis Ende September.“ — Weiterhin wird gesagt: „Im November und Dezember ist das Wetter oft schön, und der Wind weht, wenn auch unregelmäßig, von NE. In den Monaten Januar und Februar kommen heftige Stürme von S und SW vor, doch ist auch häufig der NE-Wind vorherrschend.“

aus den Beobachtungsresultaten der internationalen meteorologischen Station zu Funchal. Ausführlich bearbeitet und übersichtlich zusammengestellt ist das Beobachtungsmaterial der Station aus den Jahren 1865 bis 1888 in der Dissertation von F. Christmann: „Funchal auf Madeira und sein Clima". Altona, 1889. Diese Arbeit hat als Unterlage für die Aufstellung der hier folgenden und der meisten später angeführten Tabellen gedient, soweit nicht anderes Quellenmaterial ausdrücklich genannt wird.

Tabelle A.

Temperatur der Luft in Funchal 1865/1888	Mittlere Temperatur	Mittel der absol. Minima	Mittel der absol. Maxima	Differenz = mittlerer Wärmewechsel	Absolutes Minimum	Absolutes Maximum	Differenz der Extreme
Januar	15,7	10,2	20,3	10,1	7,9	22,6	14,7
Februar	15,5	10,0	20,6	10,6	7,1	24,9	17,8
März	15,7	10,5	20,9	10,4	7,6	24,4	16,8
April	16,8	11,3	22,1	10,8	7,7	26,6	18,9
Mai	18,1	12,9	23,0	10,1	9,2	27,7	18,5
Juni	19,9	14,9	24,1	9,2	13,0	29,4	16,4
Juli	21,7	16,8	26,5	9,7	15,2	**32,7**	17,5
August	22,6	18,0	27,7	9,7	16,7	32,2	15,5
September . . .	22,2	17,1	27,2	10,1	13,4	32,2	18,8
Oktober	20,5	15,0	25,6	10,6	11,9	30,2	18,3
November . . .	18,4	12,7	23,5	10,8	9,0	27,6	18,6
Dezember . . .	16,4	10,9	21,5	10,6	**6,5**	22,8	16,3
Jahr	18,6	9,3	29,3	20,0	6,5	32,7	26,2

Aus den Zahlen der Tabellen A. und B. ersehen wir folgendes:

Die mittlere Jahresamplitude Funchals von 20,0 Graden ist auffallend eng. Wir haben demgegenüber in Deutschland, soweit es ein typisches Landklima besitzt, mit Jahresamplituden von 45 bis 55 Graden zu rechnen. Die größte, in Funchal

Tabelle B.

	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873
Jahresmittel der Temperatur	.[1])	.[1])	19,1	19,1	18,8	18,9	18,4	.[1])	18,3
Absolutes Maximum . . .	32,4	29,4	26,0	28,0	30,0	26,5	27,7	28,6	28,1
Absolutes Minimum . . .	11,3	9,0	9,6	11,6	10,1	10,2	7,9	9,7	9,2
Differenz der Extreme . .	21,1	20,4	16,4	16,4	19,9	16,3	19,8	18,9	18,9

von 1865 bis 1888 beobachtete Temperaturdifferenz — 26,2 Grade — schließt solche Wärmegrade ein, die genügend weit vom Gefrierpunkt entfernt liegen, um jahraus, jahrein die Vegetation vor nachteiligen Einflüssen der Temperatur sicherzustellen. Das im Jahre 1883 beobachtete Minimum von 6,5° ist überdies als etwas Außergewöhnliches anzusehen, denn von den 24 Beobachtungsjahren weisen nur vier ein absolutes Minimum unter 8° auf, nur drei ein solches zwischen 8 und 9°.

Die Temperaturmittel des kältesten und des wärmsten Monats (Februar und August) liegen nur um 7,1 Grade auseinander. Die mittleren Temperaturen der kalendarischen Jahresviertel sind die folgenden:

Winter (Januar/März):	15,6 Grad
Frühling (April/Juni):	18,3 „
Sommer (Juli/September):	22,2 „
Herbst (Oktober/Dezember):[2])	18,4 „

[1]) In der Christmannschen Tabelle II fehlen die Temperaturbeobachtungen vom November 1865, Dezember 1866 und einige Angaben vom Februar 1872. Daher die Lücken in der Tabelle B.

[2]) Diese Art der Abgrenzung der Jahreszeiten ist im allgemeinen nicht üblich. In der Regel zieht man ihre Grenzen um je einen Monat früher, als es hier geschieht, sodaß der Dezember zum Winter gehört, der März zum Frühling usw. Für Madeira ist indessen die oben gewählte Jahreseinteilung berechtigt, weil auf diese Weise der kälteste Monat (Februar) in die Mitte des Winters, der wärmste (August) in die Mitte des Sommers fällt. Die auffallende Erscheinung, daß der Februar der kälteste Monat, und der März im Mittel kühler, als der Dezember ist, entspricht vollkommen den Wandlungen der Lufttemperatur über der See und annähernd auch dem wechselnden Verlaufe der Wasser-

1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	Mittel
18,3	18,8	18,4	19,0	19,5	18,8	18,6	18,9	18,9	18,1	18,0	18,1	18,2	18,4	18,3	18,6
27,0	30,2	32,0	30,2	29,2	31,2	32,1	30,0	**32,7**	32,2	26,2	27,8	26,4	26,8	32,2	29,3
9,7	9,8	9,6	10,6	10,7	9,6	9,2	9,7	9,4	**6,5**	7,1	8,0	8,2	8,2	7,7	9,3
17,3	20,4	22,4	19,6	18,5	21,6	22,9	20,3	23,3	25,7	19,1	19,8	18,2	18,6	24,5	20,0

Hier sagt uns die Differenz der Extreme — 6,6 Grade — noch deutlicher, als oben die Amplitude der Monatsmittel (7,1 Gr.), welche gleichmäßige vegetative Produktionskraft die Lufttemperatur das ganze Jahr hindurch besitzt. Sie befriedigt die Wärmeansprüche der an der Südküste und in den benachbarten Flußtälern am häufigsten angebauten Kulturgewächse: des Zuckerrohrs (Saccharum officinarum), der Banane (Musa sapientum L. und Musa Cavendishii), der Annone (Annona cherimolia) und der Feige (Ficus carica). Weniger verbreitet zwar, aber doch durch die Temperaturverhältnisse ermöglicht ist der Anbau der Orange (Citrus vulgaris), der Zitrone (Citrus limonum), des Kaffeestrauchs (Coffea arabica s. liberica) und der Dattelpalme (Phoenix dactylifera).

Der Unterschied im vegetativen Charakter der Jahreszeiten würde durch die geringen Temperaturschwankungen noch mehr verwischt werden können, als es tatsächlich geschieht, wenn nicht andere klimatische Faktoren, wie die nach Perioden wechselnden Niederschlagsmengen, veränderliche Bewölkung, Windverhältnisse usw. hinzuträten und die vegetativen Fähigkeiten der Jahreszeiten ungleichmäßig beeinflußten. Aus diesem Grunde hat auf Madeira, selbst in seinen wärmsten Küstengegenden, trotz der geringen Temperaturschwankungen im Laufe des Jahres die zwischen den Wendekreisen allenthalben wiederkehrende Erscheinung des unperiodischen Vegetations-

isothermen des Canarienstromes. Es ist dies ein deutlicher Beweis für die oben aufgestellte Behauptung, daß die Temperaturverhältnisse Madeiras in erster Linie vom Ozean bestimmt werden.

typus keinen Eingang finden können. Immerhin zeigen manche Pflanzen der subtropischen und wärmeren gemäßigten Klimate auf Madeira die Neigung, ihre vegetativen Funktionen, die in unseren Breiten an bestimmte, oft sehr kurze Perioden des Jahres gebunden sind (Blattansatz, Blätterverlust, Blüte, Fruchtreife usw.), in auffallender Regellosigkeit auszuüben. Ich sah zum Beispiel in der Umgebung Funchals blühende und gleichzeitig halbreife Früchte tragende Pfirsich- und Apfelbäume. Die Camelia Japonica, eine in Gärten überall verbreitete Schmuckpflanze, vermag an demselben Zweige im Dezember ebensogut Blüten zu tragen, wie im Juli. Erdbeeren reifen vom Februar bis zum September.

Temperaturverhältnisse von der gleichen Beschaffenheit, wie die bisher besprochenen sind — von geringfügigen Abweichungen abgesehen — nur an der Südküste Madeiras und in den benachbarten Mündungen der landeinwärts ansteigenden Täler anzutreffen, soweit es sich um Höhenlagen handelt, welche nicht über 200 bis 300 m hinausgehen. Da nun aber das Gelände von der Küste nach dem Innern zu steil ansteigt, so kommen die bisher betrachteten klimatischen Vorzüge nur einem verhältnismäßig schmalen und an den Flußmündungen sich verbreiternden Küstenstreifen zugute. Höher hinauf machen sich schon Temperaturunterschiede geltend, welche mit den Zahlen unserer Tabellen nicht mehr im Einklang stehen. Nach Langerhans differiert die Temperatur für 100 m Höhenunterschied um durchschnittlich 0,547 °. Die Temperaturen eines Ortes in 625 m Meereshöhe würden demnach im Mittel um $6 \times 0{,}547 = 3{,}3$ ° niedriger sein müssen, als die Tabellen A und B angeben.[1]) Es mag vorläufig dahingestellt bleiben, inwieweit auf diese Weise berechnete mittlere Temperaturen hochgelegener Orte Anspruch auf Zuverlässigkeit haben. Mehr oder weniger modifiziert werden sie jedenfalls durch lokale Eigenheiten der Gegend, insbesondere durch Neigungswinkel und Neigungsrichtung des Geländes, seine Oberflächengestalt

[1]) Die meteorologische Station zu Funchal liegt in 25 m Meereshöhe.

und Vegetation. Das gilt sowohl für die Südseite des Gebirges, wie für seine nördliche Hälfte. Am deutlichsten offenbaren sich solche feine Temperaturunterschiede dem aufmerksamen Beobachter durch den Verlauf der Höhengrenzen, bis zu denen die Kulturpflanzen der Küstenzone mit Erfolg angebaut werden, solange andere Produktionsgrundlagen, Boden, Wasserverhältnisse usw., an diesem Wechsel nicht beteiligt sind. Höhenangaben, wie diejenigen, welche von Brown, Lowe und Johnson in abgerundeten Zahlen als Grenzen einzelner Anbauregionen aufgezählt werden, sind deshalb nur mit dem Vorbehalt als zutreffend anzusehen, daß sie je nach Ortslage beträchtlich nach oben und unten hin schwanken können.[1])

Ein deutlich erkennbarer Unterschied besteht hinsichtlich der Lufttemperatur zwischen Südküste und Nordküste. Das läßt der Unterschied in der Neigungsrichtung des Geländes von vorn herein vermuten, und das beweist in Ermangelung zahlenmäßiger Beläge[2]) die Verschiedenheit der Vegetation, sowohl der wildwachsenden Pflanzen, wie auch der landwirtschaftlich angebauten Kulturgewächse. Das Zuckerrohr gedeiht im Norden nur in besonders günstigen Lagen; am häufigsten angebaut sieht man es in den Gegenden von Porto da Cruz, Fayal, Santa Anna und im Arco de São Jorge. Seine Kultur erreicht nur selten die Meereshöhe von 300 m, eine Höhe,

---

[1]) Brown macht folgende Angaben:

Höhengrenze der Kaffeepflanze	500	Fuß (engl.)
„ „ Feige	1000	„ „

Nach Johnson liegt:

die Grenze der Banane in	1200	Fuß M.-H.
„ „ der Orange „	1500	„ „
„ „ des Zuckerrohrs „	1000	„ „
„ „ der Inhame „	2600	„ „

[2]) Die spärlichen und wegen der Kürze der Beobachtungszeit beinahe wertlosen Temperaturmessungen Mittermaier's in Santa Anna während der Monate Juli—August d. J. 1852 (vgl. Mittermaier und Goldschmidt: Madeira und seine Bedeutung als Heilungsort, S. 53, 56 und 58) können als Quellenmaterial für unsere Betrachtungen nicht in Frage kommen.

in der es auf der Südseite der Insel noch allenthalben zu finden ist. Auch die Kultur der Banane ist im Norden sehr beschränkt. Allerdings trägt die Temperatur die Schuld an dem verringerten Anbau dieser beiden Gewächse nicht allein. Die stärkere Bewölkung und heftigen Winde der Nordseite

Tabelle C.

	α Funchal	β Poiso
	August 1894	
Geographische Breite	32° 38′	32° 43′
Höhe über dem Meere	25 m	1500 m
Luftdruck im Mittel	766 mm	634,3 mm
„ mittlere Amplitude	0,85	0,73
Temperatur im Mittel	21,3°	13,9°
„ mittlere Amplitude	6,1°	6,1°
„ absolutes Maximum	25,5°	25,5°
„ absolutes Minimum	16,3°	8,0°
„ Differenz der Extreme	9,2°	17,5°
Relat. Feuchtigkeit im Mittel	69,4 %	49,4 %
„ „ Mittel der Maxima	71,0 „	58,8 „
„ „ Mittel der Minima	67,9 „	40,0 „
„ „ absolut. Maximum	82,0 „	72,0 „
„ „ absolut. Minimum	45,0 „	9,0 „
Ozongehalt im Mittel	7,3	11,0
Vorherrschende Windrichtungen	NE. SW.	N. NE.
Windstärke { ruhig	83 %	46,6 %
Windstärke { schwach	17 „	36,6 „
Windstärke { stark	—	16,8 „
Atmosph. Zustand { klar	93 %	56,6 „
Atmosph. Zustand { bedeckt	7 „	10,0 „
Atmosph. Zustand { nebelig	—	20,3 „
Atmosph. Zustand { Regen od. Schnee	—	13,1 „
Dauer der Sonnenstrahlung im Mittel	10 Stdn.	11 Stdn.

tragen dazu bei, daß das Zuckerrohr, eine Lichtpflanze ersten Ranges, und die des Windschutzes bedürftige Banane dort nicht die guten Vorbedingungen ihres Gedeihens finden, wie jenseits der Berge.

γ Funchal	δ Poiso	ε Funchal	ζ Arieiro	η Funchal
Juli bis November 1894		Juni bis Oktober 1895		Oktober bis März
32° 38′	32° 43′	32° 38′	32° 44′	32° 38′
25 m	1500 m	25 m	1700 m	25 m
765,0 mm	636,7 mm	765,2 mm	617,5 mm	763,0 mm
0,40	0,74	0,10	0,68	0,5
19,8°	13,4°	20,5°	12,2°	17,2°
7,3°	5,8°	6,9°	6,0°	5,4°
27,8°	25,5°	27,4°	29,0°	29,5°
10,6°	4,8°	10,8°	3,5°	9,6°
17,2°	20,7°	16,6°	25,5°	19,9°
69,9 %	52,8 %	71,8 %	65,6 %	68,0 %
72,0 „	57,0 „	73,7 „	73,2 „	74,0 „
67,9 „	48,0 „	70,0 „	58,0 „	62,0 „
93,0 „	95,0 „	90,0 „	95,0 „	90,0 „
37,0 „	9,0 „	53,0 „	31,0 „	58,0 „
7,7	10,0	7,1	12,0	5,2
NE. WSW.	NE. N. NW.	NE. SW.	N. NE. NW.	NE. SW.
im allgem. ruhig oder schwach	50 %	im allgemeinen ruhig oder schwach	50 %	im allgem. ruhig oder schwach
	30 „		30 „	
	20 „	selten	20 „	
vorwieg. klar	65 „	vorwieg. klar	70 „	vorwiegend klar
an einigen Tagen	15 „	10 %	15 „	
niemals	13 „	niemals	10 „	—
unbedeutende Schauer	7 „	an einigen Tagen	5 „	—
8 Stdn.	10 Stdn.	9 Stdn.	12 Stdn.	—

Ueber die Lufttemperaturen der höchstgelegenen Gegenden Madeiras erfahren wir einiges Nähere aus vorstehender Tabelle C.[1]) G. Telles de Menezes, der Beobachter und Bearbeiter derselben, fügt folgende für unsere Betrachtungen wichtige Randbemerkungen hinzu:[2])

„Die Beobachtungsperiode von 1894 gehört einem normalen Jahre an."

„Die Periode von 1895 schließt zu Beginn des Monats Oktober außerordentlich regenreiche und stürmische Tage ein, welche mit der Tag- und Nachtgleiche im Zusammenhang standen. Man darf sagen, daß es sich um eine nicht normale Periode handelt."

„Das Studium der vergleichenden Klimatologie kann nur dann auf Zuverlässigkeit und wissenschaftlichen Wert Anspruch machen, wenn es einen Zeitraum von mehr als 6 Jahren umfaßt und in sachverständiger Weise durchgeführt wird."

„Die vorliegende Zusammenstellung darf nur als ein Beitrag hierzu betrachtet werden."

„Die Schwankungen des Luftdruckes und der Temperatur sind auf dem Poiso und dem Arieiro im

---

[1]) Sie ist meines Wissens die einzige in Zahlen redende Unterlage für die Beurteilung des Hochgebirgsklimas, welche existiert. Ich verdanke sie dem liebenswürdigen Entgegenkommen des Leiters der städtischen Bibliothek in Funchal, Herrn Carlos A. Menezes. Eine große Beweiskraft besitzen die Zahlen der Tabelle nicht. Sie leidet an allen den Fehlern, welche ich schon früher an den außerhalb Funchals gesammelten Beobachtungsresultaten rügte. Manche Zahlen und Bemerkungen der Tabelle C verdienen es, daß man sie mit einigem Mißtrauen betrachtet und vorsichtshalber mit einem Fragezeichen versieht.

Der Autor der Tabelle ist übrigens bescheiden genug, in einigen beigefügten Randbemerkungen (s. oben) auf das Mangelhafte seiner Beobachtungsresultate aufmerksam zu machen.

Einer guten Uebersicht halber gebe ich die Tabelle hier ungekürzt wieder und werde an späteren Stellen der Arbeit, wo ihre Zahlen wieder als Beläge dienen sollen, auf sie zurückweisen.

[2]) Einige nebensächliche Randbemerkungen habe ich weggelassen.

allgemeinen gering und in ähnlichem Grade abgestuft, wie in Funchal.“

„Die Differenz der Temperaturextreme ist auf dem Poiso und dem Arieiro größer, als in Funchal. Dies ist eine natürliche und notwendige Folge des Höhenklimas.“[1])

„Der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist unter normalen Verhältnissen auf dem Poiso ein höherer, als auf dem Arieiro. Allerdings ergeben die betreffenden Spalten der Tabelle (β δ und ζ) das Gegenteil. Die Schuld daran trägt der Umstand, daß wir verschiedene Jahre mit einander vergleichen, und daß die Beobachtungsperiode des Jahres 1895 feuchter war, als die des Jahres 1894.“

„Die Anzahl der Sonnenstunden ist auf dem Arieiro größer, als auf dem Poiso.“

„Die klaren Tage sind auf dem Arieiro zahlreicher, als auf dem Poiso.“

„Das absolute Minimum der Lufttemperatur betrug auf dem Arieiro im Jahre 1895: — 2° C.“

„Der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist in Funchal im allgemeinen nachmittags höher als vormittags. Auf dem Arieiro ist gerade das Gegenteil der Fall: Wenn die Sonne am Horizonte aufgeht, steigen die Wolken, welche sich tief unter dieser Zone verdichtet haben, infolge der Ausdehnung der erwärmten Luft in die Höhe. Infolgedessen steigt der Feuchtigkeitsgehalt gegen 7 h Morgens und fällt wieder

[1]) Hier irrt der Autor der Tabelle, denn in der Regel ist gerade das Gegenteil der Fall. Hann sagt (Handbuch der Klimatologie, I. Band, Seite 233 und folgende): „Im allgemeinen nimmt der Betrag der jährlichen Wärmeschwankung mit der Seehöhe ab; in tropischen Gebirgsländern nur in geringem Maße, in mittleren und höheren Breiten dagegen stärker. Das Klima der Höhen nähert sich in dieser Beziehung dem Küstenklima.“ Er fügt aber einschränkend hinzu, daß die Abnahme der jährlichen Wärmeschwankung nicht regelmäßig mit der Zunahme der Meereshöhe parallel verlaufe, sondern regellos erfolge, je nach örtlichen orographischen Verhältnissen des Beobachtungspunktes.

von 9 h an bis zu derselben Stunde des nächsten Tages. Auf dem Arieiro ist nachmittags die Luft so trocken, daß sie bei ruhigem Wetter einen Aufenthalt außerhalb des Hauses bis 11 h abends und länger gestattet, ohne auch nur die leichteste Unannehmlichkeit hervorzurufen. Es ist dies ein Umstand von sehr großer Wichtigkeit."

„Die normale und gewöhnliche Luftfeuchtigkeit auf dem Arieiro darf während des Sommers das Mittel von 50% des Sättigungszustandes nicht überschreiten. Wenn man das Verhältnis dieses Prozentsatzes zur Durchschnittstemperatur von 12,2° C in Vergleich bringt mit dem Mittel von 71% bei einer Temperatur von 20,5° in Funchal, so fällt es leicht, a priori daraus zu folgern, daß die Luft auf dem Arieiro bedeutend trockener ist, als die in Funchal."

Wenn man die mittleren Temperaturen der drei Beobachtungsorte Funchal, Poizo und Arieiro unter Berücksichtigung ihrer Höhenlage [1]) mit einander vergleicht, findet man die Behauptung Langerhans' bestätigt, daß für Höhenunterschiede von 100 m ein mittlerer Temperaturunterschied von ungefähr 0,5 Graden angenommen werden darf. Die früher angegebene Zahl 0,547 gewinnt hierdurch einigermaßen an Glaubwürdigkeit, wenn auch auf ihre letzten zwei Dezimalstellen kein allzuhoher Wert zu legen ist. Ihre Anwendbarkeit bleibt auf die Berechnung von Mittelzahlen beschränkt.[2])

---

[1]) Die Höhenangabe „1500 m" der Spalten β und δ ist entweder falsch, oder bezieht sich, — was allerdings unwahrscheinlich ist, — auf einen Beobachtungsort, welcher nicht auf dem Pico do Poiso, sondern irgendwo in dessen Nähe zu suchen ist. Der Pico do Poiso (vergl. S. 4) ist nach Johnson nicht 1500, sondern nur 1394 m hoch.

[2]) Nach Hann (Handbuch der Klimatologie, I. Bd., S. 213) beträgt die Temperaturabnahme pro 100 m Höhenunterschied in Gebirgsländern zwischen 0 und 60 Grad nördlicher Breite im Mittel 0,55° C. Sie kann aber örtlich zwischen 0,5° und 0,7° schwanken. Die von Langerhans angegebene Zahl 0,547 liegt dem Mittelwerte Hann's außerordentlich nahe.

Die Differenz der Temperaturextreme ist auf dem Poiso und Arieiro größer, als in Funchal. Auf dem Arieiro erreicht sie innerhalb der kurzen Beobachtungsperiode Juni-Oktober 1895 beinahe die Temperaturamplitude Funchals während der Jahre 1865 — 88 (26,2 Grad). Zieht man weiter in Betracht, daß das absolute Minimum des Jahres 1895 auf dem Arieiro — 2 Grad war,[1]) so ergibt sich — das absolute Maximum der Tabelle, 29,0 Grad, als Jahresmaximum betrachtet — eine Jahresamplitude von 31 Grad für den Pico Arieiro.[2])

Ein vollständiges und zuverlässiges Bild von den Temperaturverhältnissen des Hochgebirges vermag uns die Tabelle C nicht zu geben. Die Beobachtungsperioden erstrecken sich nur auf die Sommer- und Herbstmonate zweier aufeinanderfolgender Jahre. Von den Temperaturen des Winters und Frühlings erfahren wir nichts. Nur das Eine erwähnen die erläuternden Randbemerkungen, gleichsam als etwas Außerordentliches, daß die Temperatur auf dem Pico Arieiro im Jahre 1895 das oben erwähnte absolute Minimum von — 2 Grad erreichte. Demnach scheinen Temperaturen unter dem Gefrierpunkte im Hochlande zu den Seltenheiten zu gehören. Bis zu welcher Höhengrenze sie herabsteigen können, ist nicht bekannt. Keinesfalls darf die Grenze des Schneefalls, auf die ich an anderer Stelle zurückkommen werde, als gleichbedeutend mit ihr angesehen werden, denn Temperaturen über dem Gefrierpunkte und Schneefall schließen sich nicht ohne weiteres aus.

Der Einfluß der Temperaturverhältnisse Madeiras auf Pflanzenwachstum und Bodenkultur gelangt in mannigfaltiger

---

[1]) Von G. Telles de Menezes im November 1895 beobachtet.

[2]) Die Frage ist hier am Platze, ob diese außergewöhnliche, einem Höhenklima angehörende Amplitude, welche mit der Differenz der Temperaturextreme in Funchal kaum in Einklang zu bringen ist, als ein abnormer Sonderfall eines Beobachtungsjahres anzusehen ist, oder ob ihr ein Beobachtungsfehler zugrunde liegt. Vorsichtshalber setzen wir in der Tabelle hinter die Zahl 29° der Spalte ζ ein Fragezeichen.

Gestalt und, soweit Ortslage und Meereshöhe hierbei mitzusprechen haben, auch in wechselndem Maße zum Ausdruck. Im Boden und in den obersten Schichten der Gesteine, nahe ihrer Oberfläche, fördert die gleichmäßige, relativ hohe Temperatur, die wir uns dem Jahresmittel der Lufttemperatur ähnlich vorstellen dürfen, die mannigfaltigen physikalischen und chemischen Prozesse, welche in gemeinsamem Wirken das hervorbringen, was wir in dem Worte „Verwitterung“ zusammenfassen. Das gilt namentlich für den Vorgang der Bodenbildung aus dem Muttergestein[1]), der auf Madeira, insonderheit in seinen wärmeren Küstengegenden, außerordentlich schnell verläuft, zumal wenn neben der Temperatur noch andere mitwirkende Faktoren, die Vegetation und ihre Verwesungsprodukte, Bestandteile der Atmosphäre und des Wassers (Sauerstoff, Kohlensäure, Ammoniak), die Struktur des Gesteins und seine geringe Widerstandsfähigkeit den Verwitterungvorgang unterstützen.

Der fertige Kulturboden hat den gleichen Vorteil von der Temperatur: er ist unter ihrer Einwirkung, solange er nicht allzufeucht ist, tätig im besten Sinne des Wortes und macht durch die ununterbrochenen Vorgänge der Verwesung, Humusbildung und Umwandlung seiner mineralischen Substanz in aufnehmbare Pflanzennährstoffe die künstliche Zuführung derselben durch Düngung bis zu einem gewissen Grade entbehrlich. Die Bodentemperatur leistet in diesem Sinne auf Madeira dasselbe, was im deutschen Acker der Kalk zuwege bringt, soweit er nicht als Pflanzennährstoff, sondern als aufschließendes Agens, als „treibende Kraft“ im Boden zu betrachten ist. Auf Neulandböden kann unter solchen Umständen sogar der

[1]) Alle Böden Madeiras sind Verwitterungsböden in primärer oder sekundärer Lagerung. (Letzere auf Schutthalden längs der Küste und der steilaufsteigenden Talwände.) Vom Wasser umgelagerte Schwemmlandböden gibt es auf der Insel nicht. Ihre Oberflächengestalt und die Stoß- und Tragkraft ihrer fließenden Gewässer lassen die Entstehung solcher Bodenarten nicht zu. Zur Ablagerung gelangen hier und da in den Bachbetten und namentlich in den Mündungen der Täler höchstens Geröllböden, Kiese und grobe Sande ohne Feinerdegehalt und ohne landwirtschaftlichen Nutzwert.

Raubbau vom wirtschaftlichen Standpunkte eine Zeit lang gerechtfertigt erscheinen, eine Maßnahme, die allerdings auf älteren Kulturböden Madeiras nicht mehr in Anwendung kommen darf. Die selbsttätige Aufschließung der eigenen Vorräte an Pflanzennährstoffen genügt in solchen Böden nicht mehr zur vollen Entfaltung ihrer Leistungsfähigkeit als Kulturland.

Inwieweit auf Madeira starke und schnelle Temperaturänderungen verwitternd und aufschließend in einem Boden oder Gestein wirken können, ist ohne dahingehende Beobachtungen und Untersuchungen schwer festzustellen. Indessen lassen sich in dieser Beziehung aus den oberirdischen Temperaturverhältnissen einige naheliegende Schlüsse ableiten: Temperatursteigerungen können nur an der Oberfläche der Erdrinde und in der obersten, verhältnismäßig dünnen Gesteins- oder Bodenschicht bei ungehindertem Zutritt der Sonnenstrahlen hervorgerufen werden, pflegen dann aber erheblich größer zu sein und schneller einzutreten, als in der darüber befindlichen Atmosphäre. Sie pflanzen sich nur sehr schwer und langsam nach tiefer gelegenen Schichten fort, namentlich dann, wenn die Struktur derselben porös, ihr Wärmeleitungsvermögen demnach gering ist. Und das ist gerade auf Madeira häufig der Fall, wo, wie wir früher gesehen haben, basaltische Tuffe, Schlacken und Agglomerate die Hauptmasse des Gebirges zusammensetzen und das Material zur Bodenbildung hergeben. Kommt dann noch hinzu, daß eine dichte Pflanzendecke die Sonnenstrahlen von der direkten Berührung mit der Bodenoberfläche zurückhält, dann können physikalisch wirksame, schnelle Temperatursteigerungen in einem Gestein oder Boden kaum noch eintreten.

Anders verhält es sich mit Temperaturerniedrigungen. Dieselben werden zuweilen nicht nur an der Oberfläche, sondern auch im Innern poröser Massen durch eindringende und abkühlend wirkende Regenmengen oder auch durch eine rapid verlaufende Wasserverdunstung hervorgerufen. Die Gelegenheit zu solchen Vorgängen ist in den Gesteinen und Böden Madeiras wohl vorhanden, aber es ist anzunehmen, daß er-

hebliche und schnelle Temperaturerniedrigungen hierbei wohl an der Oberfläche nach unmittelbar vorhergegangener starker Erwärmung derselben, nicht aber im Inneren vorkommen, denn die Temperaturunterschiede zwischen Niederschlägen und Bodeninnerem sind auf Madeira noch lange nicht groß genug, um physikalisch wirksame Aenderungen der Bodentemperatur hervorrufen zu können.

Wir dürfen nach alledem auch ohne ziffernmäßige Beweise exakt durchgeführter Temperaturmessungen im Boden annehmen, daß auf Madeira starke und schnelle Temperaturschwankungen nur an der Oberfläche, oder dicht unter ihr stattfinden. Sie sind an chemischen oder physikalischen Vorgängen nur in verhältnismäßig geringem Grade beteiligt und dürfen eine wesentliche Bedeutung für die Bodenkultur kaum beanspruchen. Irgendwelche Arten der Bodenbearbeitung, welche darauf abzielen könnten, einen künstlich geleiteten und wirtschaftlich wirksamen Wärmehaushalt im Boden herbeizuführen, kommen auf Madeira nicht in Frage. Die ganze Methode der Bodenbearbeitung wird, wie wir später erfahren werden, allzusehr von der viel wichtigeren Rücksicht auf einen wirtschaftlich vorteilhaften Wasserhaushalt beherrscht.

Eines wertvollen Hilfsmittels entbehrt der Früchte tragende Boden Madeiras, einer Naturkraft, die wir in unseren heimischen Ackerböden zur Winterszeit sehr ungern vermissen. Es ist der Frost in seiner Eigenschaft als Bodenverbesserer und Vertilger lästiger Unkräuter und tierischer Schädlinge. Nach beiden Richtungen hin muß auf Madeira durch mechanische Bodenbearbeitung oder andere geeignete Maßnahmen das ersetzt werden, was im deutschen Acker der Winterfrost kostenlos verrichtet.

Die sorgfältige Anpassung der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion an die nach Meereshöhe und Ortslage variierende Temperatur hat eine außerordentlich große Zahl von Kulturpflanzen auf Madeira heimisch werden lassen, deren ungleiches Wärmebedürfnis uns einen — wenigstens oberflächlichen[1]) — —

[1]) „Oberflächlich“ deshalb, weil das Temperaturbedürfnis einer Kulturpflanze nicht allein mit ihren Spielarten oftmals wechselt, sondern

Einblick in die vegetativen Fähigkeiten der Temperaturverhältnisse ihrer Anbaugegenden gestattet. Zu diesem Zwecke und zur Veranschaulichung des Formenreichtums der madeirensischen Kulturflora mögen ihre wichtigsten Vertreter hier aufgeführt sein:

Der subtropische Charakter des Vegetationsbildes, dessen wesentliche Bestandteile ich bereits auf Seite 19 hervorhob, schwindet auf der Südseite in etwa 250 bis 300 m Meereshöhe mit dem Zuckerrohr,[1]) der Feige und der Banane. Die Dattelpalme und der Kaffeestrauch erreichen diese Höhengrenze nicht; sie gehören nur der untersten Küstenregion an. Auf der Nordseite fehlen die subtropischen Vegetationsformen unter den Kulturgewächsen fast gänzlich; nur das Zuckerrohr ist hier und da in größerer Menge angebaut zu finden (vgl. S. 21). Zwischen 300 und 600 m erinnert die Vegetation des Kulturlandes der Südseite an manche Gegenden Norditaliens und Südfrankreichs. Wo die Orange vereinzelt ihr Dasein fristet, geht sie nicht über 450 bis 500 m hinaus. Die Kastanie (Castanea vesca) gedeiht noch in 600 bis 650 m Höhe. An die Stelle des Zuckerrohrs treten oberhalb der 300-Metergrenze allmählich — auf der Nordseite bereits in tieferen Lagen — als meistgebaute Feldfrüchte die Batate (Convolvulus batatas sc. edulis), der Mais (Zea Mays), dessen Kultur neben der der Zwiebel besonders im Norden sehr verbreitet ist, die Inhame (Colocasia antiquorum var. esculenta), verschiedene Kürbisarten, Gurken und Tomaten; höher hinauf sind Hülsenfrüchte (Lupinen, Linsen, Bohnen), Kohlarten, Rüben, Kartoffeln und Getreide, namentlich Weizen und Gerste, die verbreitetsten Kulturpflanzen. Roggen und Hafer sieht man seltener. Die Kartoffel kann auf demselben Ackerstück drei Ernten im Jahre geben, die Batate unter günstigen Umständen deren vier. Jenseits der 800 m-Linie überwiegen die Cerealien.

---

auch durch allmähliche Anpassung an neue klimatische Verhältnisse bis zu einem gewissen Grade verändert werden kann.

[1]) Nach Menezes liegt die Anbaugrenze des Zuckerrohrs auf der Südseite in durchschnittlich 450 m M.-H. Ich halte diese Zahl für zu hoch und die Angabe Johnsons (vgl. S. 21 unten) für die richtigere.

Die Inhame ist stellenweise noch in 800 m Höhe zu finden. Die weniger empfindlichen Getreide- und Gemüsearten, namentlich der Roggen, folgen der rodenden Hacke des Landmannes noch höher hinauf, bis an die heute erreichte Grenze des Ackerbaues.

Eine Ausnahmestellung nimmt hinsichtlich seiner Verbreitung das vornehmste Gewächs Madeiras, der Wein, in Anspruch. Ich habe ihn hier nicht mit den anderen Kulturpflanzen zusammen erwähnt, weil er nicht in dem Maße, wie jene, als eine charakteristische Vegetationsform bestimmter Höhenlagen gelten kann. Seine Ansprüche an den Boden, an Quantität und Intensität der Sonnenstrahlung sind derartige, daß sein Anbau bis heute auf besonders hierzu geeignete Oertlichkeiten beschränkt geblieben ist. Oberhalb der Meereshöhe von 600 m lohnt der Weinbau nirgends mehr; in Höhen von 500 m ist das Ausreifen der Trauben schon schwierig und unvollkommen.

Hinsichtlich der Form und Intensität der Bodenbewirtschaftung steht ein aus den Temperaturverhältnissen hervorgehender Vorteil oben an: der wertvolle Zeitgewinn durch den Wegfall einer winterlichen Ruhezeit. Der Boden arbeitet und produziert, regelrecht bewirtschaftet, jahraus, jahrein ohne längere Unterbrechungen. Das Brachliegen des Ackers und seine Bearbeitung zwischen zwei auf einander folgenden Fruchtarten kommt, wenn auch zuweilen Wochen darüber hingehen, als Ruhezeit nicht in Betracht, kehrt auch bei vielen der oben aufgezählten Kulturpflanzen seltener, als alljährlich wieder, wenn die Entwickelung und Reife der angebauten Frucht mehr als den Zeitraum eines Jahres in Anspruch nimmt, oder wenn eine Pflanze mehrere Jahre hindurch wirtschaftlich genutzt werden kann. Zu jenen gehört unter anderem die Banane, deren Vegetationsdauer je nach Spielart und Standort 15 bis 18 Monate betragen kann, zu diesen das Zuckerrohr, dessen Kulturen ein Alter von 6 bis 7 Jahren erreichen können, ehe sie einer anderen Frucht das Feld räumen.

Tritt nun auch durch das ununterbrochene vegetative Arbeiten des Bodens der Unterschied zwischen den einzelnen

Jahreszeiten in betriebswirtschaftlicher Hinsicht nicht so deutlich in Erscheinung, wie bei uns in Deutschland, so läßt trotzdem die Arbeitsverteilung eines Landwirtschaftsbetriebes noch das Anpassen an jahreszeitliche Unterschiede des Klimas erkennen. Das gilt in erster Linie für Aussaat und Ernte: Die Saatzeit für Getreide dauert in der Regel von Oktober bis Januar, seine Ernte beginnt im Mai oder Juni. Das Zuckerrohr wird im März und April geschnitten, die Anlage neuer Zuckerrohrkulturen erfolgt bald darauf. Die Weinlese beginnt bereits im August, auf der Nordseite gewöhnlich zwei bis drei Wochen später als im Süden.

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, daß selbst in den wärmsten Gegenden der Insel bei den Kulturpflanzen periodische Wachstums- und Lebenserscheinungen vorherrschen, und daß der Willkür in der Bestimmung der Zeiten für Aussaat, Pflanzung und Ernte verhältnismäßig enge Grenzen gesetzt sind. Das Klima läßt trotz seiner unbedeutenden Temperaturschwankungen in dieser Hinsicht dem Landwirt Madeiras kaum eine größere Freiheit, als es bei uns in Deutschland der Fall ist.

II. Winde.

Von allen Winden, welche im Laufe des Jahres auf Madeira beobachtet werden, weht der Nordostpassat am regelmäßigsten und längsten, nach Brown durchschnittlich an 200 Tagen des Jahres. White will im Jahre 1850 Winde aus nördlichen und nordöstlichen Richtungen an 182 Tagen beobachtet haben, Grabham zählte während einer Periode von 340 Tagen (von November 1867 bis November 1868) nicht weniger als 263 Tage mit nordöstlichen Winden. [1])

[1]) Ueber Ort und Zeit dieser Windbeobachtungen ist in den Quellen, denen die Angaben entnommen sind, nichts gesagt. Es muß daher unentschieden bleiben, wie viele von den beobachteten nördlichen und nordöstlichen Winden als Passatwinde anzusehen sind. Namentlich lassen Grabham's Beobachtungen während des Winters 1867/68 darauf schließen, daß auch andere nordöstliche Winde, als der Passat, beobachtet und notiert worden sind. Vergl. die Fußnote [2]) auf Seite 16.

Der in der Nähe des Aequators, an der Grenze der Calmen aufsteigende und nordwärts abziehende „obere Passat“ erreicht über dem Nordatlantik zur Sommerszeit ungefähr den 37. Breitengrad.[1]) Hier nähert er sich der Erdoberfläche und schlägt als „unterer“ oder „Nordost“-Passat den Rückweg nach dem Aequator in südwestlicher Richtung ein. Seine obere Grenze liegt von nun an, solange er nicht durch gebirgige Landmassen nach oben abgelenkt wird, etwa 250 bis 450 m über der See. Die Berührung mit der Wasserfläche steigert seinen Feuchtigkeitsgehalt bis zum Sättigungspunkte, und in diesem Zustande erreicht der Passat die Nordküste Madeiras. Hier stellt sich ihm ein Gebirgsmassiv in den Weg, dem er in zwiefacher Weise ausweicht: Er überschreitet das Gebirge und umkreist es an seinem Ost- und West-Ende. Die Wiedervereinigung der verschiedenen Luftströme, in welche er sich beim Passieren des Hindernisses teilen mußte, erfolgt nicht unmittelbar hinter dem Bergrücken und nicht in der Weise, daß der zum Gebirgskamm aufgestiegene Luftstrom an dessen südlichen Abhängen entlang gleitend wieder zum Meeresspiegel niedersinkt,[2]) sondern sie findet erst später auf hoher See, in beträchtlicher Entfernung von der Südküste statt.[3]) So entsteht zwischem dem Gebirgskamm im Norden und dem Orte der Wiedervereinigung im Süden das vom Passat unberührt gelassene, in seiner Ausdehnung einem Dreieck ähnliche Gebiet eines „Windschattens“. Innerhalb

---

[1]) Ueber die veränderliche Lage der Passatgrenzen vergl. die Fußnote [1]) auf Seite 16.

[2]) Das kommt zwar gelegentlich vor, ist aber eine sehr seltene und nur im Frühjahr beobachtete Erscheinung. Bei solchen Gelegenheiten, die niemals länger, als 1 bis 2 Tage dauern, pflegt der Wind, zum Sturme anwachsend, großen Schaden in den Gärten, Wäldern und Weinbergen anzurichten.

[3]) Mittermaier sagt hierüber in seinem schon früher erwähnten Buche, Seite 91: „Sehr oft kann man dies bei Funchal wahrnehmen, wo das Meer in der Bucht weit hinaus wie ein Spiegel glatt erscheint und erst in der Entfernung von einer halben deutschen Meile und mehr, scharf abgeschnitten die bewegte See an den weissen Kämmen zu erkennen ist.“

desselben liegt der größte Teil der Südseite von Madeira, insbesondere ihre tiefeingeschnittenen Täler und die Küstengegenden, wohingegen hohe Bergrücken und Gipfel in der Nähe des Gebirgskammes noch vom abwärts wehenden Passat berührt werden können. Die nördliche Grenze des Windschattens ist zuweilen an hochgelegenen, nicht weit von einander entfernten Orten durch vergleichende Beobachtung der Windrichtung und Windstärke deutlich wahrzunehmen. Es gelang mir wiederholt unweit des Gebirgskammes, in Höhen von über 1000 m und in offenem, vegetationsarmem Gelände, welches dem Winde keine Hindernisse entgegenstellte, Punkte genau zu bestimmen, an denen der Passat seine direkte Berührung mit dem Gebirge aufgab, um seinen Weg über das Windschattengebiet hinweg nach der See hin fortzusetzen.

Der veränderlichen Lage der Passatgrenze entsprechend weht der Nordostwind in den Sommermonaten auf der Nordseite Madeiras fast ununterbrochen. Im Winter tritt er nur von Zeit und Zeit, und dann nur mit geringerer Heftigkeit auf. Seine Stärke pflegt auch im Laufe eines Tages zu wechseln: in den Vormittagsstunden nimmt sie zu und flaut am Spätnachmittage wieder ab. Dies wiederholt sich, solange der Passat weht, täglich und hat einen großen Einfluß auf den mit ähnlicher Pünktlichkeit wiederkehrenden Wechsel der Bewölkung.

Im Windschattengebiet der Südseite sind die Windverhältnisse ungleich mannigfaltiger und einem häufigeren Wechsel unterworfen. Die direkte Wärmewirkung der Sonnenstrahlen über der See und dem Lande ruft hier jene Temperaturunterschiede hervor, welche das bekannte, täglich wechselnde Spiel des Land- und Seewindes zur Folge haben. An der Südküste Madeiras weht die Seebrise etwa von 9^h vormittags bis 5^h nachmittags; im Sommer stellt sie sich etwas früher ein als im Winter. Der Landwind weht in den Nachtstunden von 9^h bis 4^h. Zwischen dem Abflauen des einen Windes und dem langsamen Aufkommen des anderen tritt, wenn sie unbeeinflußt von fremden Luftströmungen bleiben, in der Regel eine mehrstündige Windstille ein. Indessen können mannig-

fache atmosphärische Zustände, wie bewölkter Himmel, Luftdruckveränderungen u. a. m., den regelmäßigen Wechsel der beiden Winde stören oder auch ganz vereiteln, namentlich im Winter, wenn der Passat unter dem Breitengrade Madeiras die Vorherrschaft auf hoher See verloren hat und die Südseite der Insel bei aufkommenden westlichen oder südlichen Winden des Vorzugs entbehrt, im Windschatten eines Hochgebirges zu liegen.

An der Nordküste haben unter dem vorwaltenden Einflusse des Passats lokale Land- und Seewinde viel seltener als im Süden Gelegenheit, sich deutlich erkennbar geltend zu machen. In welchem Grade die Ursachen ihres Entstehens in den einzelnen Jahreszeiten an der Ausgestaltung der Windverhältnisse der Nordküste beteiligt sind, entzieht sich der näheren Untersuchung. Indessen ist die Vermutung nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, daß die täglich und regelmäßig eintretenden Aenderungen in der Windstärke des Passats dem kombinierten Auftreten dieses Windes mit lokalen Land- und Seewinden beizumessen sind. Auf dem offenen Ozean ist ein tägliches Schwanken der Windstärke des Passats kaum wahrzunehmen.

Andere als die hier besprochenen Winde, solche aus südlichen und westlichen Richtungen haben für Madeira erheblich geringere Bedeutung. Sie wehen während der Wintermonate verhältnismäßig am häufigsten und pflegen von Niederschlägen begleitet zu sein. Einen anderen nennenswerten Einfluß auf die klimatischen Zustände der Insel besitzen sie nicht. Von südöstlichen Winden verdient nur der trockene und heiße Leste erwähnt zu werden. Er weht aus Ostsüdost vom afrikanischen Festlande herüber und hält in der Regel nur drei Tage an. Er ist an keine bestimmte Jahreszeit gebunden und außerordentlich selten. Oefter, als zwei- bis dreimal im Jahre tritt er nicht auf; es gibt auch Jahre, in denen er ganz ausbleibt.

Statistische Ausweise über die Windverhältnisse sind in der Madeiraliteratur nur spärlich vertreten. Am ausführlichsten berichten Mittermaier, Christmann und Brown über die Winde. Die hier folgende Tabelle D ist aus Christmannns Angaben

Tabelle D.

Windstärke in Funchal 1865—1881	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahr
Mittel	6,6	6,1	7,1	6,2	5,8	4,8	4,7	4,5	4,8	5,5	5,4	5,9	5,6
Mittel der Maxima .	26,4	25,6	27,3	26,6	24,6	21,2	18,1	18,9	22,9	24,9	24,1	24,5	34,4
Absolutes Maximum	35	39	41	43	32	40	23	25	33	43	35	38	43

zusammengestellt. Die Windstärke wurde mit dem Anemometer von Robinson gemessen. Die Zahlen geben die Anzahl der Kilometer an, welche der Wind in der der Beobachtung vorausgegangenen Stunde zurücklegte.

Die Tabelle E (siehe S. 38) enthält Beobachtungsresultate Dr. Heinekens aus den Jahren 1827 und 1828. Sie wird in etwas anderen Formen von Mittermaier und Langerhans angegeben und nennt den Zeitanteil der einzelnen Winde für die Jahre 1827/28 in Prozenten der Gesamtzahl der Windbeobachtungen.[1])

Einige statistische Angaben Whites, Browns und Grabhams über Windverhältnisse erwähnte ich bereits auf Seite 33.

Im Gebirge und auf der Nordseite der Insel wurden bisher noch keine zuverlässigen Windbeobachtungen angestellt. Die Tabelle C (Seite 22) kann mit ihren sehr allgemein gehaltenen Angaben über Windrichtungen und Windstärke auf

[1]) Heineken beobachtete viermal am Tage und bestimmte die Windrichtungen nach der am tiefsten ziehenden Wolkenschicht, sofern dieselbe nicht von örtlichen Winden bewegt war. Ueber den Ort der Beobachtungen ist nichts bekannt.

Tabelle E.

	N.	NE.	E.	SE.	S.	SW.	W.	NW.
Winter . .	22,1	33,2	6,6	5,5	2,2	2,8	22,1	5,5
Frühling . .	12,5	35,3	14,1	3,3	0,5	2,7	20,7	10,9
Sommer . .	3,6	69,0	6,5	1,1	0	0	14,1	5,7
Herbst . .	7,1	40,1	11,0	4,4	0	2,8	25,3	9,3
Jahr . . .	11,3	44,4	9,5	3,6	0,7	2,1	20,6	7,8

den drei Beobachtungsstationen Funchal, Poiso und Arieiro kaum den bescheidensten Ansprüchen an Ausführlichkeit und Zuverlässigkeit genügen. Immerhin lassen ihre Angaben einen Unterschied zwischen Südküste und Gebirge für die Sommer- und Herbstmonate erkennen: Der Passat und ihm benachbarte Winde aus der nördlichen Hälfte der Windrose haben in der Nähe der Wasserscheide den Vorrang. An der Südküste wechseln dagegen Nordost- und Südwestwinde miteinander ab. Es ist ungewiß, ob der in Funchal beobachtete Nordostwind als Passat[1]) zu betrachten ist, oder, aus lokalen Verhältnissen heraus entstanden, die Natur eines Landwindes hat. Die letztere Annahme halte ich für berechtigt, weil in der Spalte η der Nordostwind auch für die Wintermonate als vorherrschender Wind genannt ist, trotzdem Madeira zu dieser Zeit außerhalb der Passatzone liegt.

---

[1]) Das würde meinen früheren Ausführungen über das Windschattengebiet Madeiras nicht widersprechen, falls — was zwar inkorrekt wäre, aber doch nicht unwahrscheinlich ist — bei den meteorologischen Beobachtungen die Zugrichtung der Wolken über Funchal zur Bestimmung der Windrichtung benutzt worden ist. Wolkenmassen in beträchtlichen Höhen können in solchem Falle über dem Luftraume des Windschattengebietes geschwebt haben und in ihrer Zugrichtung vom Passat beeinflusst worden sein.

Wenn man von den zerstörenden Wirkungen orkanähnlicher Winde absieht, die auf Madeira zwar beobachtet worden sind, aber doch, wie überhaupt im Osten des nordatlantischen Ozeans, zu den größten Seltenheiten gehören, kann man den Luftströmungen über Madeira irgendwelchen direkten Einfluß auf die landwirtschaftliche Bodenkultur nicht zuschreiben, es sei denn, daß sie einerseits die Wasserverdunstung erheblich steigern können, also Wasserverluste im Boden herbeiführen, und daß andererseits Pflanzen, welche des Windschutzes besonders bedürfen, wie die Banane, in windgeschützten Lagen eine größere Verbreitung erlangt haben, als in offenem Gelände.[1]) Einen wichtigeren indirekten Einfluß üben dagegen die Luftbewegungen insofern aus, als sie andere klimatische Faktoren in ihrer Wirksamkeit teils zu beeinträchtigen, teils zu fördern vermögen. Ich erwähnte bereits, daß der Passat an der Ausgestaltung der Temperaturverhältnisse Madeiras hervorragend beteiligt ist, und daß Winde aus westlichen Richtungen Niederschläge herbeiführen. Hierüber, wie über den Einfluß der Winde auf Bewölkung und Feuchtigkeit der Atmosphäre soll an anderer Stelle berichtet werden.

III. Bewölkung und Belichtung.

Eine ebenso auffallende und in ihren Grundzügen leichtverständliche Gesetzmäßigkeit, wie sie die Winde Madeiras erkennen lassen, finden wir in der Verteilung und dem Wechsel der Bewölkung wieder.

Je höher der Passat von der Nordküste her an den Abhängen des Gebirges emporsteigt, um so mehr verliert er mit

[1]) Mehr der Curiosität als der Wichtigkeit halber sei hier erwähnt, dass der E.S.E.-Wind Leste bisweilen ausser Vögeln und Insekten auch einen feinen Staub vom afrikanischen Festlande nach Madeira hinüberträgt, der gelegentlich schon gesammelt und auf seine Zusammensetzung hin untersucht worden ist. Wäre der Wind nicht so selten und die nach Madeira getragenen Staubmengen nicht so verschwindend klein, könnte man versucht sein, dem Leste eine gewisse Bedeutung als Lössbodenbilder zuzuschreiben.

sinkender Temperatur die Fähigkeit, Wasser in gasförmigem Zustande festzuhalten. Ein Teil seines Wasserdampfes muß sich zu Wolken verdichten. Diese werden von dem Luftstrome, dem sie entstammen, nicht ohne weiteres über den Gebirgskamm hinweg weitergetragen, sondern bleiben zum großen Teile in den dichtbewaldeten Tälern und an den Berglehnen der Nordseite hängen und bilden dort eine ruhende Wolkenschicht, welche sich in wechselnder Höhe zwischen 500 und 1500 m über die nördlichen Abhänge des Zentralgebirges ausbreitet.[1]) Unter sonst normalen Witterungsverhältnissen spielt sich dieser Vorgang hauptsächlich während der Tagesstunden ab, wenn der Passat am kräftigsten weht. Im Laufe des Abends wird die Bewölkung wieder schwächer und pflegt während der Nacht bei nachlassendem Winde und geringerem Unterschiede der Lufttemperatur des Hochlands und der Küste ganz zu verschwinden. Erst im Laufe des zeitigen Vormittags, gegen 9^h frischt der Passat wieder auf und gibt von neuem Anlaß zur Bildung des Wolkenschleiers,[2]) der im Sommer ein charakteristisches Attribut der Nordseite von Madeira ist, aber auch im Winter nicht ausbleibt, solange Winde aus nördlichen Richtungen der Windrose den Passat vertreten.

[1]) Von hoher See aus gesehen, pflegt sich die Nordseite Madeiras tagsüber hinter einer undurchsichtigen Wolkenbank zu verbergen, und die Linien des Gebirges werden hinter diesem Schleier dem von Norden her kommenden Seefahrer erst in verhältnismäßig geringer Entfernung sichtbar. Vor 500 Jahren war diese Bewölkung infolge der stärkeren Bewaldung der Insel wahrscheinlich eine noch intensivere, als heute, und diesem Umstande verdankt es Madeira, daß es von den Portugiesen erst ein Jahr später (1419) entdeckt wurde, als das benachbarte Porto Santo (1418), trotzdem beide Inseln nur 22 Seemeilen von einander entfernt sind. Religiöser Aberglaube hatte die ersten Ansiedler von Porto Santo dazu verleitet, hinter der Wolkenhaube Madeiras den Eingang zur Hölle und andere unwirtliche Gegenden zu vermuten und sie ängstlich zu meiden.

[2]) Touristen, welche das Hochgebirge Madeira's einer guten Fernsicht halber aufsuchen, handeln deshalb stets nach dem Grundsatze: Frühzeitig auf die Berge, ehe die Haube kommt!

Auf der Südseite tritt die wolkenbildende Funktion des Passats in demselben Maße zurück, wie dieser selbst. Zwar können von ihm auch Wolkenmassen über das Gebirge hinweg bis auf die südlichen Abhänge getragen werden, sodaß sich ein Wolkengürtel rund um das Inselzentrum ausbreitet; die Macht des Passats über solche Wolken ist jedoch gebrochen, sobald sie über hochgelegenen Gegenden der Südseite niedersinken und hängen bleiben, die schon mehr oder weniger dem Windschattengebiete angehören. Die tieferen Lagen, die südliche Ackerbauzone und die Küste sind von der Wolkenbildung des Passats in klimatischer Hinsicht kaum beeinflußt, denn seine Wolkengebilde erreichen, wie Mittermaier beobachtete, selbst wenn sie einmal vom Gebirge her weiter nach Süden getragen werden, fast niemals die Atmosphäre über Funchal und der benachbarten Südküste, sondern werden auf dem Wege dorthin durch den von unten herauf ihnen entgegenwehenden wärmeren Südwind aufgesogen. Mittermaier schreibt (s. S. 70 seines Buches):

„Eine auffallende Erscheinung ist es, wenn starkes Gewölk von den Bergen über die Stadt hinzieht, wie die Wolken, sobald sie senkrecht über diese zu stehen kommen, sich in dem hier aufsteigenden wärmeren Luftstrome plötzlich auflösen".

Durch diesen Vorgang bleibt das Windschattengebiet der Südseite in der Regel frei von den Wolkenmassen, welche der Passat jenseits der Berge gebildet hat. Seine Ränder werden zuweilen auch am Himmel durch eine eigentümliche Verteilung der Bewölkung deutlich sichtbar gemacht. Mittermaier beobachtete dies wiederholt und schreibt darüber (s. S. 72):

„Eigentümlich sind auch die Tage lang bei anhaltendem nördlichen Winde im Osten und Westen an der Insel vorbei über das Meer hinziehenden Wolkenmassen, die, ein förmliches Dreieck zwischen sich lassend, sich erst am Gesichtskreise vereinigen, — —".

Die Bewölkung über den Küstenstrichen der Südseite wird auf Grund derselben physikalischen Vorgänge, welche auf der Nordseite wolkenbildend wirken, durch den bergaufwärts ziehenden Seewind und die aus weiteren Entfernungen

kommenden südwestlichen und westlichen Winde hervorgerufen, welche im Winterhalbjahr für den Süden Madeiras die zuverlässigen Vorboten drohenden Regenwetters sind. Allgemein betrachtet ist diese Bewölkung über der Südseite keine so intensive und regelmäßig wiederkehrende, wie im Norden. Zwar verbirgt sich, von hoher See aus gesehen, das hochgelegene Hinterland der Südküste auch zuweilen hinter einer Wolkenbank, deren Entstehen und Verschwinden bei ruhigem Wetter ebenso an bestimmte Meereshöhen und Tageszeiten gebunden sein kann, wie im Norden; allein das gilt nur für solche Tage, an denen sich der Seewind unbeeinflußt von anderen atmosphärischen Vorgängen geltend machen kann. In der Regel haben seine Wolken über der Südseite nicht die Dichte und Beständigkeit, wie die Wolken des Passats jenseits des Gebirges. Nur im Winter treten sie stärker und anhaltender auf, wenn der Boden infolge reichlicher Niederschläge feuchter ist und die aufsteigende warme Luft des Seewindes ihm große Wassermengen entziehen kann, die sie weiter landeinwärts zu Wolken verdichtet wieder abgeben muß. Ganz heitere Tage mit völlig wolkenlosem Himmel und ganz bedeckte sind unter solchen Umständen in Funchal verhältnismäßig selten. Am häufigsten ist ungefähr die Hälfte des Himmels bedeckt.

Ueber die Bewölkung gibt Christmann auf Grund der 24-jährigen Beobachtungen der meteorologischen Station zu Funchal (von 1865 bis 1888) die in der Tabelle F (s. S. 43) zusammengestellten Mittelwerte [1]) an, berechnet aus teils viermaligen, teils dreimaligen Beobachtungen am Tage.

In der Frage der Bewölkung über der Nordküste und dem Binnenlande lassen uns die meteorologischen Beobachtungen noch mehr im Stich, als es schon hinsichtlich der Winde der Fall war. Die Tabelle C ist hier wieder das einzige, wenn

[1]) Der Grad der Bewölkung wird durch die Zahlen 0—10 ausgedrückt. 0 bedeutet einen ganz wolkenlosen, 10 einen völlig bedeckten Himmel. 5,0 würde demnach heissen: fünf Zehntel oder 50 % des ganzen Firmaments waren von Wolken bedeckt. Als heitere bezw. trübe Tage werden diejenigen Tage bezeichnet, an denen für alle Beobachtungen 0 bezw. 10 notiert worden ist.

Tabelle F.

	Heitere Tage	Trübe Tage	Bewölkung
Januar . . .	1,0	5,0	5,1
Februar . .	1,0	1,0	4,5
März . . .	1,0	2,0	4,8
April . . .	1,0	0,0	4,6
Mai	1,0	1,0	5,0
Juni	1,0	2,0	5,1
Juli	4,0	1,0	4,1
August . . .	6,0	0,0	3,4
September .	1,0	0,0	4,2
Oktober . .	0,0	1,0	4,5
November . .	0,0	1,0	5,2
Dezember . .	1,0	1,0	5,6
Jahr . . .	21,0	19,0	4,6

auch wenig befriedigende Auskunftsmittel. Zum richtigen Verständnis ihrer Angaben diene folgendes:

Die hohe Anzahl der im August 1894 in Funchal beobachteten Tage mit unbedecktem Himmel (93 %) sagt uns nicht, daß an allen diesen Tagen auf der Südseite keine Wolken zu sehen gewesen seien. Während der Beobachtungsperiode mag wohl der Himmel über Funchal und der Küste fast täglich unbedeckt gewesen sein, aber doch können über den Höhenzügen des Hinterlandes Wolken gelagert haben, denn die condensierend wirkende Temperaturerniedrigung des Seewindes erfolgt nicht schon über den tiefgelegenen Küstengegenden, sondern erst weiter landeinwärts, nachdem der Wind durch die Gebirgsform zum Emporsteigen veranlaßt worden ist. Das Gleiche gilt für die entsprechenden Bemerkungen der Spalten γ, ε und η. Auch von Norden her kommende Passat-

wolken können sich während der drei Beobachtungsperioden häufiger über den südlichen Abhängen des Gebirges gezeigt haben, als der unbedeckte Himmel über Funchal verrät. Das scheinen wenigstens die Zahlen der Spalten β, δ und ζ zu bestätigen: Der Poiso sowohl, wie der Arieiro liegen auf der Wasserscheide zwischen Nord und Süd, und wenn über ihnen der Himmel häufiger bedeckt ist, als über Funchal, oder wenn, wie die Tabelle angibt, die beiden Berge von einer „nebeligen" Atmosphäre [1]) umgeben sind, dann macht diese Bedeckung nicht über der Wasserscheide halt, sondern dehnt sich auch auf Teile des südlichen Hochlandes aus. Sie ist demnach keine der Nordseite allein zukommende Erscheinung.

Trotzdem der Poiso und der Arieiro den ganzen Sommer hindurch vom Passat berührt werden, verzeichnen doch beide Beobachtungsorte eine verhältnismäßig hohe Anzahl wolkenloser Tage. Das ist so zu erklären, daß die Wolkenmassen, welche der Passat bergaufwärts mit sich führt, häufig die Meereshöhe der beiden Beobachtungsorte nicht erreichen. Ich erwähnte früher, daß die Höhe, in welcher die Wolkenbank über den Nordabhängen lagert, zwischen 500 und 1500 m schwanken kann. Hat die letztere — was bei heftig wehendem Passat eintreten kann — die Meereshöhe von 1500 m erst überschritten, dann steht ihr fast überall der Weg zum Abzuge über das Gebirge offen. Aus diesem Vorgange erklärt sich der bisweilen eintretende „nebelige" Zustand der Atmosphäre auf dem Poiso und dem Arieiro.

Hinter die oberflächliche Bemerkung der Spalte η, daß der Himmmel über Funchal während der Monate Oktober bis März „vorwiegend klar" gewesen sei, dürfte vorsichtshalber ein Fragezeichen zu setzen sein. Die Wintermonate sind, wie wir später erfahren werden, für Funchal die regenreichsten des ganzen Jahres.

[1]) Der Ausdruck „nebelig" ist in der Tabelle mit falscher Bedeutung gebraucht. Die Vorbedingungen für richtige Nebelbildung sind auf den beiden oben genannten Bergen überhaupt nicht gegeben. Was die Tabelle als „Nebel" bezeichnet, sind die vom bergaufwärts wehenden Winde geschaffenen und den Gebirgskamm überschreitenden Wolkenmassen, Teile der vom Passat gebildeten Wolkenhaube.

Die Bewölkung des Himmels hat — abgesehen von ihrer regenspendenden Funktion, von welcher im nächsten Abschnitte die Rede sein wird, und von ihrem ausgleichenden Einflusse auf die Temperatur der unteren Luftschichten — eine dritte für das Pflanzenleben wichtige klimatische Bedeutung: Sie modifiziert die belichtende und photochemische Wirkung der Sonnenstrahlen. Inwieweit diese Fähigkeit der Bewölkung von Einfluß auf die Pflanzenwelt Madeiras und von wirtschaftlicher Bedeutung für die Bodenkultur der Insel sein kann, darüber mag uns in Ermangelung konkreter Anhaltspunkte folgende Ueberlegung aufklären:

Nach Wohltmann ist

> „der Effekt der belichtenden und chemischen Sonnenstrahlung an die geographische Breite gebunden“ [1])

und kann nicht, wie die Temperatur, durch Luft- und Meeresströmungen korrigiert, d. h. örtlich verändert werden. Die Sonnenstrahlen üben ihre belichtende und chemische Wirkung an dem Orte aus, wo sie die Erdoberfläche treffen. Die Jahressumme der Sonnenstrahlung und ihre chemische Intensität ist am Aequator — unter Voraussetzung eines stets wolkenlosen Himmels — am stärksten und nimmt ab mit der zunehmenden geographischen Breite. Das Gleiche gilt für die diffuse Strahlung des Himmels, jedoch mit dem Unterschiede, daß ihre chemische Intensität vom Aequator nach den Polen hin langsamer abnimmt, als jene der direkten Sonnenstrahlung.

Demnach ist Madeira schon durch seine geographische Lage befähigt, die Ansprüche der Kulturgewächse an das Sonnenlicht in höherem Maße zu befriedigen, als irgendeine Oertlichkeit Europas, insbesondere Deutschlands. Bis zu welchem Grade aber nun die der geographischen Breite Madeiras zukommende ideelle Jahressumme der Strahlung und Belichtung für die Insel selbst durch die Bewölkung des Himmels vermindert wird, das läßt sich in Ermangelung einer einwandfreien Untersuchungsmethode und darauf abzielender

[1]) Wohltmann, Handbuch der Tropischen Agrikultur, I. Bd. S. 82.

Beobachtungen[1]) nicht zahlenmäßig zum Ausdruck bringen. Nur so viel weiß man heute, daß der Wirkungsgrad der belichtenden und chemisch wirkenden Strahlen dem Grade der Bewölkung umgekehrt proportional ist. Wir müssen uns deshalb damit begnügen, aus dem Gesamtbilde der Bewölkung, welches ich in seinen Hauptzügen entworfen habe, einige vergleichende Schlüsse zu ziehen:

Hatte die Südseite Madeiras schon durch ihre der Sonne zugewendete Lage und intensivere Erwärmung einen erheblichen klimatischen Vorzug vor der nördlichen Inselhälfte, so gilt dies auch in bezug auf die ungleiche Verteilung der Bewölkung. Abgesehen von solchen Oertlichkeiten, welche längere Zeit hindurch von den Schlagschatten benachbarter Bodenerhebungen berührt werden können, ist die Südküste mit ihrem nächstgelegenen Hinterlande wegen ihres oft unbedeckten oder wenig bewölkten Himmels das geeignetste Anbaugebiet für hervorragend lichtbedürftige Pflanzen, den Wein, das Zuckerrohr, die Banane und die Feige. Weniger für die Dattelpalme. Dieser als einer der anspruchsvollsten Lichtpflanzen, die wir kennen, scheint die Intensität der Sonnenstrahlung selbst in ausgesuchten Lagen der Südküste noch nicht zu genügen. Man sieht sie nur selten, und ihre Früchte sind unansehnlich. Auch der Feigenbaum hat in dieser Beziehung schon mit Schwierigkeiten zu kämpfen. Die Nordküste mit ihrer stärkeren und regelmäßig wiederkehrenden Bewölkung bietet einigen dieser Kulturgewächse, wie dem Zuckerrohr, die Möglichkeit des Gedeihens nur an wenigen bevorzugten Stellen; anderen, wie den beiden oben zuletzt genannten, überhaupt nicht. Je höher auf beiden Seiten des Gebirges das Kulturland hinaufreicht, um so näher liegt es der Region des Wolkengürtels, und um so geringer ist im allgemeinen die Summe der Sonnenstrahlung, welche ihm im Laufe des Jahres zur Verfügung steht. Die höchsten Teile des Gebirges wiederum können, solange sie die Wolkendecke überragen, tagsüber länger von den Sonnenstrahlen direkt ge-

[1]) Es sind zur Zeit noch keine zuverlässigen Methoden und Hilfsmittel zum Messen der Intensität der Sonnenstrahlung erfunden worden.

troffen werden, als selbst die Küste von Funchal, weil für sie der Tag zwischen Sonnenaufgang und -untergang länger ist, als für tiefgelegene Küstenpunkte. Die Angaben der Tabelle C über die mittlere tägliche Dauer der Sonnenstrahlung bestätigen das, wenigstens für die Sommer- und Herbstmonate. Ohne Berücksichtigung der verschiedenen Tageslänge würden sich die Zahlen der letzten Tabellenzeile nur schwer mit den darüberstehenden prozentischen Angaben über den Zustand der Atmosphäre in Einklang bringen lassen.

Wollen wir die von Wohltmann vorgeschlagene Einteilung der Bestrahlungs- und Belichtungszustände in sechs Grade gelten lassen,[1]) so würde Madeira je nach der Lage seiner Ackerbaugegenden dem zweiten bis vierten Grade der Belichtung und Beschattung zuzuzählen sein.

IV. Niederschläge.

Wollte ein Beobachter, welcher Madeira zum ersten Male besucht, die Feuchtigkeitsverhältnisse des Klimas und Bodens und die Kulturfähigkeit des letzteren nach den auffällig hervortretenden charakteristischen Vegetationsformen beurteilen, so würden diese ihm fürs erste sehr widerspruchsvolle Anhaltspunkte hierzu liefern. Neben zwei Kulturpflanzen mit hohem Luftfeuchtigkeits- und Niederschlagsbedürfnis, dem Zuckerrohr und der Banane, gedeihen teils wildwachsend, teils verwildert auf unkultiviertem, oft humusarmem Boden, an Wegen und Waldrändern, zuweilen auch an steilen, felsigen Abhängen Pflanzen wie die Aloe (Aloe arborescens), die Agave (Agave americana), die Opuntia (Opuntia tuna) und andere Succulenten, in höher gelegenen Waldgegenden der dornige Stachelginster (Ulex europaea) und die langnadelige, weite Waldflächen beherrschende Kiefer (Pinus Pinaster), — solche Vertreter der Pflanzenwelt, die in der äußeren Form und im anatomischen Aufbau ihrer Blattorgane die Fähigkeit verraten, lange Trockenperioden ungefährdet zu überdauern.

[1]) Wohltmann, Handbuch der Tropischen Agrikultur, I. Bd., S. 86.

Die Frage, welche von den aufgezählten Pflanzenarten die Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens und Klimas am treffendsten charakterisieren, findet unschwer ihre Antwort: Kulturgewächse eignen sich weniger hierzu. Sie unterstehen, solange sie im Boden wurzeln, der Aufsicht und Pflege des Menschen und sind in ihrem Gedeihen von natürlichen Eigenheiten des Klimas und Bodens nicht in dem Grade abhängig, wie die Glieder einer wildwachsenden Flora. Gerade diese lassen aber im vorliegenden Falle die Folgerung zu, daß regenarme oder ganz niederschlagfreie Zeitperioden auf Madeira nichts Seltenes sein können, wahrscheinlich sogar in regelmäßigen Zeitintervallen wiederkehren.

Eine nähere Untersuchung der Niederschlagsverhältnisse an der Hand der zu gebote stehenden Regenstatistik bestätigt das. Die Zahlen der Tabelle G (s. Anlage) basieren auf Beobachtungen der internationalen meteorologischen Station zu Funchal und veranschaulichen die Niederschlagsverhältnisse der Südküste und ihres nächstgelegenen Hinterlandes. Sie werden in etwas anderer Form von Christmann [1]) mitgeteilt. Die Prozentzahlen der letzten Spalte und untersten Zeile habe ich hinzugefügt, um die zeitliche Verteilung der Regenmengen deutlicher hervortreten zu lassen.

Die mittlere jährliche Niederschlagsmenge von 689 mm hat im Vergleich mit entsprechenden Zahlen unserer deutschen Heimat nichts Auffallendes. Wir kennen viele Orte in Deutschland, die im Mittel ungefähr ebenso reich an Niederschlägen sind, wie Funchal. Im allgemeinen dürfen bei uns Gegenden mit einem Jahresmittel von 600 mm — vorausgesetzt, daß das beobachtete Jahresminimum nicht allzuweit von dieser Mittelzahl abweicht, und daß ungefähr fünfzig Prozent der Niederschläge in den Sommermonaten fallen — als regensichere Gegenden gelten, in denen der Wasserbedarf der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen in der Hauptsache von den Niederschlägen gedeckt wird, und mit einem ihrem Gedeihen nachteiligen Wassermangel nicht gerechnet zu werden braucht.

[1]) F. Christmann. Funchal auf Madeira und sein Clima. Tabelle I und VII.

Tabelle G.

		1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873	1874	1875
Regenmengen in mm:	Januar	105	84	216	61	75	110	89	35	131	155	63
	Februar	96	128	11	3	23	177	224	146	55	38	61
	März	45	162	159	2	46	91	100	92	73	16	44
	April	113	48	.	48	.	49	28	125	99	15	23
	Mai	37	46	22	2	23	10	54	18	8	9	3
	Juni	.	21	29	.	48	.	9	.	18	32	.
	Juli	2	1	.	.	.	2	.	2	.	.	.
	August	4	.	.	8	1	2	.	.	.	.	.
	September	31	2	13	83	.	2	30	58	1	10	21
	Oktober	51	59	44	28	83	6	20	40	46	34	72
	November	128	216	358	53	79	205	68	39	140	107	7
	Dezember	100	71	354	44	27	190	90	130	99	102	156
Jahressummen in mm		712	838	1206	332	405	844	712	685	670	518	450
Jahressummen in Prozenten des Jahresmittels		103,3	121,6	175,0	48,2	58,8	122,5	103,3	99,4	97,2	75,2	65,3

1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	Mittel	Monatsmittel in Prozenten des Jahresmittels
137	65	63	60	62	235	128	33	125	195	83	181	149	110	16,0
56	13	68	11	22	34	45	73	96	157	75	76	297	83	12,1
6	34	6	76	81	117	76	154	87	84	18	109	72	73	10,6
36	59	45	10	27	78	15	30	129	11	153	69	85	54	7,8
45	28	10	.	54	20	31	93	.	2	2	11	18	23	3,3
8	56	1	9	.	38	25	18	3	.	5	.	1	13	1,9
2	6	5	.	5	.	.	.	1	1	.	.	.	1	0,1
4	1	4	.	14	1	.	.	15	.	.	2	.	2	0,3
8	64	.	28	.	3	1	1	5	21	10	6	21	18	2,6
254	52	36	86	119	13	22	50	92	17	18	127	72	60	8,7
291	2	187	309	18	64	9	213	322	170	105	79	51	134	19,4
182	20	378	168	15	12	32	137	13	119	90	241	62	118	17,1
1029	400	803	757	417	615	384	802	888	777	559	901	828	**689**	100,0
149,4	58,1	116,6	109,9	60,5	89,3	55,7	116,4	128,9	112,8	81,1	130,8	120,2	100,0	

Die Südküste Madeiras dagegen ist trotz ihrer 689 mm keineswegs eine regensichere Gegend, und das aus zwei Gründen: Erstens muß ihr subtropisches Klima dem Sommer und Winter hindurch ununterbrochen arbeitenden, Pflanzenmasse erzeugenden Ackerboden viel größere Feuchtigkeitsmengen zur Verfügung stellen, weil der Wasserverbrauch des Bodens und seiner Pflanzendecke dort viel höher ist, als in unseren Breiten, und zweitens kann die Jahressumme der Niederschläge, wie das in tropischen und subtropischen Gegenden häufig der Fall ist, zwischen sehr weiten Grenzen schwanken. So hat das Jahr 1867 beinahe das Doppelte des Jahresmittels an Regen über Funchal niederfallen sehen, während das nächstfolgende Jahr kaum die Hälfte des Mittels verzeichnet. Die beiden Jahressummen bilden die Amplitude, innerhalb welcher sich die übrigen Summenzahlen bewegen.[1]) Aehnliche auffallende Abweichungen von der Durchschnittszahl 689 zeigen die Jahre 1869, 1875, 1876, 1877, 1880 und 1882. Die acht genannten Jahre bilden zusammen den dritten Teil der ganzen Beobachtungsperiode. Große Abweichungen vom Jahresmittel sind demnach nichts Seltenes, sondern wechseln in bunter Reihe in Zeiträumen von durchschnittlich drei Jahren miteinander ab, und der Landwirt an der Südküste spricht von trockenen und nassen Jahren. Die Insel zeichnet sich hierin vor den meisten anderen subtropischen Gegenden mit insularer Lage aus, trotzdem die Ungleichheit der jährlichen Regenmengen in den Subtropen eine weitverbreitete Erscheinung ist.

Die Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Monate ist sehr ungleichmäßig. Sie trennt den Zeitraum eines Kalenderjahres deutlich in zwei regenreiche Perioden und eine dazwischen liegende regenarme[2]). In den Monaten Mai

---

[1]) Nach Brown wurden in den Jahren 1895/96 innerhalb 365 Tagen (die Grenztermine der Beobachtungsperiode sind nicht genannt) in 76 m Meereshöhe 1480 mm gemessen.

[2]) Köppen sagt in seinem Werke über Klimakunde, Bd. I, S. 93: „Alle diese Gegenden (sc. die der Nordwestküste Afrikas vorgelagerten atlantischen Inseln u. and.) nehmen im Sommer an der Regen-

bis September regnet es außerordentlich selten und dürftig, und keines von den vierundzwanzig Beobachtungsjahren macht hierin eine Ausnahme. Die größten, aber immer noch verhältnismäßig unbedeutenden Abweichungen von den Mittelzahlen der Sommermonate verzeichnet die Tabelle im September 1868 und 1877 und im Mai 1883. Daß gerade diese beiden Monate die veränderlichsten Regenmengen aufweisen müssen, ist verständlich, weil sie als die Grenzmonate der Trockenperiode zu betrachten sind und in ihnen der allmähliche Uebergang von dieser zur Regenzeit und umgekehrt durch größere Unterschiede zwischen beobachteter und berechneter mittlerer Regenmenge seinen Ausdruck finden kann. Die Monate April und Oktober kennzeichnen den Uebergang noch deutlicher. Man vergleiche den April der Jahre 1867 und 1886 und den Oktober 1870 und 1876.[1])

Die im Mittel niederschlagreichsten Monate des Jahres, November bis März, sind, was die Verteilung der Niederschläge auf die einzelnen Jahrgänge anbelangt, auch die unbeständigsten. Sie entscheiden mit ihren schwankenden Regenmengen fast allein darüber, ob ein ganzes Jahr zu den nassen oder trockenen zu zählen ist. Der November, im Mittel der regenreichste Monat des ganzen Jahres, brachte im Jahre 1867 358 mm, im Jahre 1877 nur 2 mm Regen.[2]) Die entsprechenden Zahlen des Dezembers bewegen sich zwischen 354 und 12, die des Januar[3]) zwischen 235 und 33, die des Februar zwischen 297 und 3, die des März zwischen 162 und 2.

losigkeit der auf ihrer Aequatorial-Seite liegenden Wüsten teil, im Winter an dem Regenreichtum der angrenzenden höheren Breiten.“ Hann sagt in seinem Handbuch der Klimatologie, Bd. III, S. 33: „Dürreperioden und große Schwankungen der Regenmenge von einem Jahr zum anderen sind überhaupt für das eigentliche Gebiet der Winterregen, d. i. für die südliche Zone desselben, charakteristisch.“

[1]) Im Oktober 1895 erreichte der Regenfall die abnorme Höhe von 468 mm. (Meteorol. Zeitschr. 1904, S. 190.)

[2]) Im November 1826 fielen (nach Heineken) sogar 473 mm, im November 1856 (nach White) ebenfalls nur 2 mm.

[3]) Th. Heberden beobachtete im Januar 1747 521 mm Regenfall. (Meteorol. Zeitschr. 1898, S. 192.)

Die Heftigkeit der Niederschläge und ihre Wassermengen nach Tag und Stunde wechseln in ähnlicher Weise nach den Jahreszeiten, wie ihre monatliche Höhe. Herbstregen (von Oktober bis Dezember) haben vorwiegend den Charakter kurzer, aber heftiger Regenschauer (Platzregen); im Januar und Februar sind die Niederschläge von längerer Dauer, ähnlich unseren Landregen, aber nicht so sanft geartet, wie diese, sondern wasserreicher. Mittermaier beobachtete z. B. am 22. Februar 1853 innerhalb 4 Stunden eine Regenmenge von 52 mm. Die spärlichen Wasserspenden der Sommermonate kommen wieder in der Form einzelner Schauer zur Erde. Nur selten vereinigen sie sich zeitlich so, daß man Anlaß hätte, von der anhaltenden „Regenstimmung“ eines Sommertages zu reden.

Die folgende Zusammenstellung (Tabelle H) gibt uns Aufschluß über die Anzahl der Regentage im Jahre und ihre Verteilung auf die einzelnen Monate. November, Dezember und Januar haben ihren Niederschlagsmengen entsprechend in der Regel auch die meisten Regentage. Ihre Zahl schwankt aber zwischen weitauseinanderliegenden Grenzen. Der Februar ist im allgemeinen ärmer an Regentagen, als der März. Die Sommermonate bringen trotz ihrer geringen mittleren Niederschlagsmengen verhältnismäßig viele Tage mit Regenfall, ein Beweis für das oben Gesagte, daß sich die Niederschläge in vereinzelten, unbedeutenden Schauern über den ganzen Sommer verteilen.

Die Regenwolken, welche sich über der Südküste entladen, kommend vorwiegend aus westlichen Richtungen und stehen in keinem direkten Zusammenhang mit den Wolken, die vom Passat und von lokalen Winden erst über der Insel geschaffen werden und an der Bildung der Wolkenhaube beteiligt sind.

Im Innern Madeiras und an der Nordküste sind bisher noch keine exakten Beobachtungen über Zeit und Menge der Niederschläge gesammelt worden. Ich muß mich deshalb hier darauf beschränken, das in Kürze zusammenzufassen, was die von mir zu Rate gezogenen Quellen und eigene Beobachtungen

Tabelle H.

Regentage in Funchal	1865	1866	1867	1868	1869	1870	1871	1872	1873	1874
Januar	10	14	15	3	13	15	8	9	13	12
Februar . . .	10	12	3	4	5	14	10	12	6	9
März	8	15	18	3	4	11	12	11	9	3
April	13	10	.	9	.	9	4	10	15	2
Mai	9	8	7	1	6	5	9	6	4	7
Juni	.	2	7	.	7	.	2	1	6	5
Juli	2	1	.	1	1	1	1	2	.	.
August	2	.	.	3	1	2	.	.	.	1
September . .	2	1	4	6	1	3	4	8	1	3
Oktober . . .	7	9	8	4	9	4	8	6	13	9
November . . .	13	11	18	8	14	10	9	6	16	13
Dezember . . .	11	8	21	11	7	12	11	12	16	9
Jahressummen .	87	91	101	53	68	86	78	83	99	73

über die Niederschlagsverhältnisse der genannten Gegenden ergeben haben:

Das Gebirge ist das ganze Jahr hindurch reicher an Niederschlägen, als die Südküste. Unsere Wintermonate bilden zwar auch dort den niederschlagreichsten Teil des Jahres, aber der Sommer hat noch nicht den Charakter einer solchen Dürreperiode, wie in Funchal. Die Wolkenhaube sorgt dafür, daß Niederschläge zu allen Jahreszeiten eintreten können. Ich habe im Juni und August des Jahres 1905 in Meereshöhen von 1370 und 1100 m Regenfälle beobachtet, welche innerhalb einiger Stunden mit kurzen Unterbrechungen größere Wassermengen auf die Erde schütteten, als in Funchal die Niederschläge eines ganzen Sommers. Es handelte sich in beiden Fällen um richtige, dauerhafte „Regentage“. Sie sind im Hochlande Madeiras zur Sommerszeit nichts Ungewöhnliches und können dem Reisenden, welcher sich längere Zeit in den

1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	1888	im Mittel
7	13	9	9	6	12	22	11	6	7	14	10	12	11	10,9
12	11	5	7	5	8	7	5	9	13	7	8	10	15	8,6
7	3	10	2	14	8	15	4	15	14	13	3	15	10	9,5
6	2	11	8	2	7	12	2	4	13	3	11	8	15	7,3
1	6	6	5	.	10	4	6	14	.	1	1	5	5	5,3
1	3	7	2	1	.	3	1	2	1	.	2	1	2	2,3
.	1	2	2	.	3	.	.	.	1	1	.	.	.	0,8
.	1	2	2	.	4	1	.	.	5	.	.	1	.	1,0
8	3	9	.	3	.	3	1	1	2	3	4	4	7	3,4
6	16	6	7	8	15	7	3	8	8	6	4	14	7	8,0
4	17	2	11	20	4	5	3	10	17	11	6	12	10	10,4
14	14	4	20	17	5	3	9	14	5	17	7	11	9	11,1
66	90	73	75	76	76	82	45	83	86	76	56	93	91	**78,6**

Bergen aufhält, durch ihre unveränderliche wässerige Stimmung sehr lästig fallen. Außer ihnen kommen zuweilen auch vereinzelte Platzregen von kurzer Dauer und wolkenbruchähnlicher Heftigkeit vor. Mit welcher elementaren Gewalt sie oftmals zur Erde gelangen, dafür nur ein Beispiel: Im Juni 1905 überraschte mich ein solcher Regen im Hinterlande von Calheta, nahe dem Gebirgskamme, in ungefähr 900 m Meereshöhe. Er dauerte nicht länger, als etwa zehn Minuten. Bald nach seinem Aufhören verwandelte sich mein Weg, eine am Berghang talabwärts führende, gut gepflasterte Straße, in einen rauschenden Gebirgsbach, so unerwartet und schnell, daß ich gerade noch Zeit fand, zur Seite zu springen, um vom Wasser nicht mitgerissen zu werden. Nach weiteren zehn Minuten war das imposante Schauspiel vorüber, die Straße wieder trocken. Steintrümmer, Gestrüpp und lockere Bodenmassen bedeckten den Weg, den das Wasser genommen hatte.

Häufig wird nicht das ganze Hochgebirge gleichmäßig von Niederschlägen betroffen, sondern nur seine nördliche oder südliche Hälfte. In solchem Falle wirkt die kammförmig oder dachfirstähnlich gestaltete Zentralkette, die Wasserscheide zwischen Nord und Süd, auch als Wetterscheide. Tagelang anhaltendes regnerisches Wetter auf der Nordseite des Kammes — und einige hundert Meter weiter südlich, jenseits der Bergkette blauer Himmel und Sonnenschein, das ist im Sommer nichts Außergewöhnliches. Der umgekehrte Fall ist seltener, weil die Nordseite des Gebirges an sich regenreicher ist, als der Süden.

Die Niederschlagsverhältnisse der Nordküste unterscheiden sich im allgemeinen wenig von denen des Gebirges. Wenn im Hochlande die an den nördlichen Abhängen haftenden Wolken zu Niederschlägen Anlaß geben, dann dehnen sich diese häufig auch auf den Rand des Gebirges und die Nordküste aus. Zwar macht sich hierbei hinsichtlich der fallenden Regenmengen ein Unterschied zwischen Sommer und Winter bemerkbar, aber die Niederschläge konzentrieren sich nicht in so einseitiger Weise, wie im Süden auf eine Jahreshälfte, daß der Landwirt Veranlassung hätte, von einer sommerlichen „Dürreperiode“ zu reden. Nur insoweit sind die Ackerbaugegenden des Nordens nicht als absolut regensicher anzusehen, als die Niederschläge des Sommers unregelmäßig verteilt sind und zuweilen von längeren, Tage und eventuell Wochen andauernden regenfreien Zeiträumen unterbrochen werden, in denen ein empfindlicher Wassermangel im Boden das Pflanzenwachstum benachteiligen kann. Wie sich in dieser Beziehung die einzelnen Sommermonate und Jahre zu einander verhalten, ist ohne statistische Unterlagen nicht zu erkennen. Das Eine aber ist sicher, daß längs der Nordküste die ungleich verteilte Gesamtmenge der Niederschläge während der Sommermonate dem Wasserbedürfnis des landwirtschaftlich genutzten Bodens im Durchschnitt der Jahre nicht genügt. Den augenfälligsten Beweis hierfür liefert die Tatsache, daß in vielen Ackerbaugegenden des Nordens die künstliche Bewässerung ebenso in Aufnahme gekommen ist wie im Süden, wenn auch der Fall nicht gerade

selten eintritt, daß reichliche Sommerregen ihr zuvorkommen und ihre Anwendung auf Tage oder Wochen hinaus entbehrlich machen.

Ueber drei andere Niederschlagsformen — Schnee, Hagel und Tau — kann ich mich kurz fassen. Sie treten als Klimafaktoren auf Madeira völlig in den Hintergrund.

Schneefälle sind im Hochgebirge eine verhältnismäßig seltene Erscheinung. Johnson gibt ihre mittlere jährliche Anzahl (nach Beobachtungen aus den Jahren 1865 bis 1872) auf 4,9 an. Es kommen aber auch Jahre vor, in denen überhaupt kein Schnee fällt. Nach Brown liegt die untere Grenze des Schneefalls

auf der Nordseite in 2500 Fuß (= 762 m) M.-H.,
auf der Südseite in 3000 Fuß (= 914 m).

Johnson will in zwei Fällen Schnee in etwa 1800 Fuß (= 550 m) M.-H. gesehen haben.

Zu nennenswerten Ansammlungen von Schneemassen kommt es selbst nach reichlichem Schneefall niemals. Der Schnee bleibt in der Regel nur einige Stunden oder Tage liegen. Mittermaier nennt als Mittel von 17 Jahren (1865—1881) 6,85 Tage des Jahres, an denen Schnee auf den Bergen liegt. Er verdient aber kaum die Bezeichnung „Schnee", denn er fällt gewöhnlich nicht in lockeren und deutlich krystallinischen Flocken zur Erde, sondern, wie Johnson sich ausdrückt, als ein „zusammengeballtes Gemisch von Schnee und Eis". Menezes sagt, der Schnee komme zur Erde „in der Gestalt von Hagel". Ein Schneefall, den ich im Januar 1905 auf dem Pico Arieiro beobachtete, hatte in der Tat eine auffallende Aehnlichkeit mit einem echten deutschen Frühjahrsgraupelwetter.

Hagel wird zuweilen im Winter und Frühjahr an der Küste beobachtet, nach Johnson durchschnittlich 5,4 mal im Jahre. Christmann zählt nach 24-jährigen Beobachtungen sogar nur 0,8 Tage im Jahre, an denen in Funchal Hagel beobachtet wird, und zwar 0,6 Tage im März, 0,2 Tage im Dezember. Seine Korngröße ist sehr gering, seine Menge des-

gleichen. Schaden hat er in den Ackerbaudistrikten noch niemals angerichtet.

Der Taufall ist an der Küste das ganze Jahr hindurch unbedeutend, in den Bergen häufiger und stärker. Die Schwankungen der Lufttemperatur während eines Tages sind in den Küstengegenden so gering (im Mittel aller von Langerhans zusammengestellten Beobachtungen 5,19 Grad, nach Christmann 5,72 Grad, im Winter 5,82 Grad, im Sommer 5,51 Grad), daß bei eintretender Abkühlung die Temperatur selten unter den Taupunkt der Atmosphäre herabgeht. Die größeren Temperaturschwankungen im Gebirge lassen es dort häufiger dazu kommen.

Man hat bis heute noch kein brauchbares Meßverfahren für die Menge des fallenden Taues ausfindig gemacht. Nur das Auge vermag sie von Fall zu Fall oberflächlich zu beurteilen und die Häufigkeit der Erscheinung innerhalb eines bestimmten Zeitraumes festzustellen. Deshalb kann die Frage, in welchem Maße auf Madeira der Tau an der Befriedigung des Wasserbedürfnisses der Kulturpflanzen beteiligt ist, nicht durch Zahlen beantwortet werden. Zweifellos sind aber die Wassermengen, welche die Taubildung während des Sommers dem Boden zurückgibt, gerade in den trockenen Küstengegenden als Ersatz für den fehlenden Regen kaum der Rede wert.

Die Resultate unserer Betrachtungen über die Niederschläge lassen sich, in landwirtschaftlichem Sinne gedeutet, folgendermaßen zusammenfassen:

1. Von den vier Formen der Niederschläge — Regen, Schnee, Hagel, Tau — kann für die Deckung des Wasserbedarfs landwirtschaftlicher Kulturpflanzen nur der Regen in Betracht kommen. Die unbedeutenden Mengen der drei anderen Niederschlagsarten haben auf die Pflanzenwelt der Ackerbauzone und auf wirtschaftliche Maßnahmen der Bodenkultur keinen erkennbaren Einfluß.

2. An der Südküste und in den ihr benachbarten unteren Ackerbaugegenden fallen während der Wintermonate Oktober

bis April im Mittel hinreichende Niederschläge. Ihre absoluten Mengen schwanken aber von Jahr zu Jahr und von Monat zu Monat zwischen weiten Grenzen. Relativ trockene Winterhalbjahre und -Monate mit ungenügenden Regenmengen weit unter dem Monatsmittel kommen vor. Am unzuverlässigsten sind in dieser Beziehung die Uebergangsmonate April und Oktober. Allzureichlich und dem Pflanzenwachstum schädlich sind die Niederschlagsmengen des Winters niemals. Die Sommermonate Mai bis September bilden eine in allen Jahren wiederkehrende und fast gleichmäßig verlaufende Dürreperiode. Die künstliche Bewässerung des Ackerbodens zum Zwecke der erwerbsmäßigen Pflanzenproduktion ist in den Monaten Mai bis September unbedingt erforderlich, während des Winters (November bis März) dagegen entbehrlich. In den Monaten April und Oktober kann diese Kulturmaßnahme je nach den wechselnden Niederschlagsmengen bald notwendig erscheinen, bald entbehrt werden.

3. Die höchstgelegenen Distrikte der südlichen Ackerbauzone, etwa von 600 m an aufwärts, liegen teils nahe der Grenze, teils ganz außerhalb der regenarmen Zone. Ein Wassermangel im Boden kann während des Sommers wohl zuweilen eintreten, er nimmt aber niemals solche Formen an wie im Tieflande. Wirtschaftlich schädigende Nachteile für das Pflanzenwachstum hat er nicht im Gefolge. Die Bodenbewässerung kann in verhältnismäßig seltenen Fällen wohl vorteilhaft sein, ist aber niemals unentbehrlich.

4. Die Nordseite Madeiras ist im allgemeinen niederschlagreicher, als der Süden. In den Ackerbaugegenden nahe der Küste fallen während der Monate Oktober bis April stets hinreichende Regenmengen. Eine anhaltende Sommerdürre gibt es nicht. Die Niederschläge des Sommers sind aber nach Zeit und Menge so schwankend, daß sie nicht immer dem jeweiligen Wasserbedarf des Bodens und seiner Pflanzen entsprechen. Um das Gedeihen der Kulturpflanzen

während des Sommers unter allen Umständen sicherzustellen, ist die künstliche Bewässerung nicht gut zu entbehren. Der Anbau von Kulturgewächsen mit besonders hohem Feuchtigkeitsbedürfnis (Zuckerrohr und Banane) ist im Norden Madeiras unbedeutend und läßt den künstlichen Wasserersatz im Boden weniger dringlich erscheinen, als im Süden.

5. Die höchstgelegenen Ackerbaugegenden der Nordseite erhalten das ganze Jahr hindurch genügende Regenmengen. Ein fühlbarer Wassermangel im Boden ist auch während des Sommers ausgeschlossen. Die künstliche Feldbewässerung ist zu allen Jahreszeiten überflüssig.

Außer ihrer anfeuchtenden Funktion haben die Niederschläge noch eine zweite: Sie führen dem Boden atmosphärische Verunreinigungen zu, sie „reinigen die Luft“, wie man zu sagen pflegt. Hierher gehören außer festen Gemengteilen, Staubpartikelchen usw., die gasförmigen: Kohlensäure, verschiedene Stickstoffsäuren und Ammoniak, Stoffe, mit denen die Atmosphäre der Tropen und Subtropen reicher beladen zu sein pflegt, als die Luft unserer nördlicheren Breiten, und die sowohl als Pflanzennährstoffe, wie als Förderer der Verwitterungsprozesse im Boden eine vegetative Bedeutung besitzen. Ich kann auf diese Bedeutung der Niederschläge Madeiras hier nicht näher eingehen, da konkrete Unterlagen zu ihrer Bewertung nicht vorliegen, und ich auf die obengenannten accessorischen Gemengteile der Atmosphäre im Abschnitt über Atmosphärilien noch einmal zurrückkommen werde.

V. Elektrische Spannungen und Entladungen.

Unser Wissen vom Einflusse der elektrischen Zustände und Vorgänge in der Atmosphäre auf physiologische Prozesse im pflanzlichen Organismus ist noch sehr gering. Wir sind uns noch nicht einmal über die Ursachen ihres Entstehens

völlig klar, und das Wenige, was wir davon zu wissen glauben, stützt sich größtenteils auf Vermutungen und Theorieen, welche zwar der Wahrheit mehr oder weniger nahe zu kommen scheinen, aber doch des wissenschaftlichen Beweises noch bedürfen.

Mag aber auch die Einwirkung der elektrischen Erscheinungen auf das Pflanzenleben noch ungleich vielseitiger und stärker sein, als wir heute annehmen können,[1]) so würde trotz alledem auf Madeira von einer wirtschaftlichen Bedeutung dieses Vegetationsfaktors kaum gesprochen werden dürfen, denn Gewittererscheinungen — wenn wir aus diesem einzigen sinnfälligen Ausdruck elektrischer Zustände und Vorgänge in der Atmosphäre auf ihre Gesamtheit schließen dürfen — sind auf der ganzen Insel etwas auffallend Seltenes. Christmann berechnet auf Grund 24-jähriger Beobachtungen der internationalen meteorologischen Station zu Funchal im Mittel 6,6 Gewittertage im Jahre.[2]) Am häufigsten treten sie in den Monaten November, Dezember und März auf, seltener im September, Oktober, Januar, Februar, April und Mai. Im Sommer fehlen sie ganz. Ihr Verlauf ist harmloser Art, weder hervorragend durch lange Dauer, noch durch die Heftigkeit der elektrischen Entladungen.

Wenn wir der allgemein verbreiteten und gut begründeten Anschauung beitreten, daß die elektrischen Entladungen als Begleiterscheinungen des Kondensationsprozesses des Wasserdampfes zu betrachten seien, so muß es auffallen, daß gerade

---

[1]) Das ist nach den interessanten und erfolgreichen Versuchen des verstorbenen schwedischen Gelehrten Prof. Lemström und seiner Nachfolger auf diesem Forschungsgebiete als wahrscheinlich anzusehen und hat in landwirtschaftlich interessierten Kreisen Englands bereits den Gedanken aufkommen lassen, daß es später einmal möglich sein wird, den Wachstumsprozeß und andere wirtschaftlich wertvolle Lebensäußerungen der Pflanzen bei den Kulturgewächsen des Ackers durch künstlich erzeugte atmosphärische Elektrizität erheblich zu steigern.

[2]) Nach G. Hellmann zählt man dagegen in Norddeutschland alljährlich etwa 12 bis 16 Gewitter, in Mittel- und Süddeutschland deren 20. Orte mit 20 Gewittertagen und mehr im Jahre gibt es auch in Norddeutschland.

Madeira mit seinen täglich wiederkehrenden und intensiv verlaufenden Kondensationsvorgängen in der Atmosphäre so selten zu Gewittererscheinungen Anlaß gibt. Auch die subtropische Lage der Insel könnte zu der Vermutung führen, daß Madeira im Laufe eines Jahres mehr Gewittertage habe müsse, als die gebirgigen Gegenden Süd- und Mitteldeutschlands, denn im allgemeinen steht die Zahl der Gewittertage eines Ortes, soweit nicht lokale Einflüsse verschiedener Art, wie Bodengestaltung, Höhenlage u. s. w., mitbestimmend wirken, im umgekehrten Verhältnis zu seiner geographischen Breite. Eine Erklärung für diese Ausnahmestellung Madeiras zu suchen, ist hier nicht der Ort. Es mag der Hinweis auf die Tatsachen, soweit sie uns interessieren, genügen.

VI. Atmosphärilien.

Von den Atmosphärilien, deren vegetative Bedeutung, in landwirtschaftlichem Sinne aufgefaßt, der Beachtung wert erscheint, sind auf Madeira bisher nur zwei in den Kreis meteorologischer Beobachtungen aufgenommen worden: das Ozon und der Wasserdampf. Die übrigen wechselnden Bestandteile der Atmosphäre: Kohlensäure, Wasserstoffsuperoxyd, Schwefelwasserstoff, die verschiedenen Stickstoffverbindungen, Chlornatrium, Staubteilchen und Mikroorganismen wurden noch nicht zum Gegenstande wissenschaftlicher Forschung gemacht und entziehen sich von vorn herein unserer näheren Betrachtung.

Auch ein Eingehen auf den Ozongehalt der Atmosphäre Madeiras erscheint hier überflüssig. Wir sind über die Rolle des Ozons im Pflanzenleben noch nicht hinreichend unterrichtet, um sein Vorhandensein oder Nichtvorhandensein in der Atmosphäre genau genug bewerten zu können. Wir wissen vorläufig nur, daß das Ozon als chemisches Agens an Oxydationsprozessen in der Atmosphäre und an der Zersetzung der Gesteine und Böden beteiligt ist und insofern für die Bodenkultur eine gewisse Bedeutung besitzt. Ich beschränke mich deshalb hier auf eine Betrachtung über den Feuchtigkeits-

gehalt der Atmosphäre und seine Bedeutung für die Pflanzenwelt Madeiras.

Seiner ozeanischen Lage entsprechend hat Madeira ein feuchtes Klima. Beobachtungen über die relative Luftfeuchtigkeit Funchals liegen in beträchtlicher Anzahl vor; viele von ihnen sind aber lückenhaft und unbrauchbar zur Berechnung zuverlässiger Durchschnittszahlen. Der hier folgenden Tabelle J liegen die Beobachtungen der internationalen meteorologischen Station zu Funchal aus den Jahren 1865 bis 1888 zu Grunde:

Tabelle J.

Relative Feuchtigkeit der Luft in Funchal	Monatsmittel	Mittel der Minima	Mittel der Maxima	Differenz	Absol. Minimum	Absol. Maximum	Differenz
Januar	70,0	45	91	46	22	98	76
Februar . . .	66,9	41	88	47	16	99	83
März	64,7	39	87	48	24	96	72
April	66,7	38	87	49	17	94	77
Mai	66,1	45	84	39	31	96	65
Juni	69,5	52	85	33	35	95	60
Juli	69,7	49	83	34	19	91	72
August	69,1	50	83	33	17	91	74
September . .	67,1	46	85	39	26	95	69
Oktober . .	67,3	45	88	43	30	96	66
November . .	68,6	46	90	44	24	98	74
Dezember . . .	68,8	46	88	42	29	96	67
1865—1888 . .	67,9	28	94	66	16	99	83

Das Monatsmittel der relativen Luftfeuchtigkeit über Funchal und der Südküste[1]) erreicht zweimal im Jahre, im Januar

[1]) Es erscheint zulässig, die in Funchal ermittelten Zahlen als für die ganze Südküste zutreffend anzusehen.

und Juli, ein Maximum und zweimal, im März und September, ein Minimum.

Es ist im Hinblick auf früher Gesagtes bemerkenswert, daß die regenarmen Monate Juni, Juli und August sich durch relativ hohe Luftfeuchtigkeit auszeichnen, eine Erscheinung, die man gerade in wärmeren Teilen der Erde selten zu beobachten Gelegenheit hat, während sie in Gegenden mit gemäßigtem Klima häufiger zu finden ist.

Die Schwankungen der Luftfeuchtigkeit im Zeitraume eines Tages verlaufen in der Weise, daß die Luft gegen Mittag relativ am trockensten, in den Abendstunden am feuchtesten ist. Ihr relativer Wassergehalt verhält sich demnach umgekehrt wie die Temperatur und bleibt ausnahmsweise unbeeinflußt vom Seewinde, welcher in anderen Küstengegenden um die Mittagstunden eine Steigerung der Luftfeuchtigkeit hervorzurufen pflegt.

Ueber die Verhältnisse an der Nordküste liegen keine brauchbaren zahlenmäßigen Nachweise vor. Die spärlichen Beobachtungen und Bemerkungen Mittermaiers über die Luftfeuchtigkeit in Santa Anna[1]) während des Juli und August 1852 haben als statistisches Material keine Bedeutung. Wir dürfen aber aus den früher erörterten Wind- und Niederschlagsverhältnissen schließen, daß hier, wie überhaupt auf der Nordseite des Gebirges, die Luftfeuchtigkeit dem Sättigungspunkte beträchtlich näher kommt, als an der Südküste, ihn wohl auch öfters erreicht.

Mit der Erhebung über dem Meere nimmt die mittlere relative Feuchtigkeit der Atmosphäre zu und erreicht in der Höhe des Wolkengürtels ihr Maximum. Ueber ihm ist die Luft wieder trockener. Nachdem der von der Küste her bergaufwärts wehende, feuchte Seewind bezw. Passat eine Abkühlung und einen Verlust an Wasserdampf durch Kondensation und Wolkenbildung erfahren hat, erhöht wieder die ungehinderte Sonnenstrahlung über den Wolken seine Temperatur und erniedrigt seine relative Feuchtigkeit soweit, daß sie

[1]) Mittermaier und Goldschmidt: Madeira u. s. Bed. a. Heil., S. 76 und 80.

unter diejenige der Küstenatmosphäre herabsinkt. In den Zahlen der Tabelle C kommt dieser Vorgang deutlich zum Ausdruck: Auf dem Poiso und Arieiro ist der relative Feuchtigkeitsgehalt im Mittel erheblich geringer, als in Funchal, auf dem Arieiro unter normalen Witterungsverhältnissen niedriger, als auf dem Poiso [1]). Daß sich dies so verhalten muß, leuchtet ein, wenn man die verschiedene Höhenlage der beiden Beobachtungsorte berücksichtigt: Der Poiso ist bedeutend niedriger,[2]) als der Arieiro, und sein Beobachtungsort liegt noch unterhalb der Höhengrenze, bis zu welcher sich die Wolkenhaube Madeiras auszubreiten pflegt. Wenn dieser Fall eintritt, wird der Poiso von den Passatwolken eingehüllt, der Arieiro dagegen noch nicht. In gleichem Sinne kann für beide Beobachtungsorte auch der Unterschied in der mittleren täglichen Dauer der Sonnenstrahlung (Tabelle C, unterste Zeile) gedeutet werden.

Der Luftfeuchtigkeit kommt auf Madeira eine doppelte vegetative Bedeutung zu: Hinsichtlich ihrer Einwirkung auf die Lufttemperatur erinnere ich an das, was auf Seite 15 über die Temperaturverhältnisse und den Canarienstrom gesagt wurde. In landwirtschaftlichem Sinne wichtiger und einer vergleichenden Beurteilung zugänglicher ist die andere vegetative Funktion der Luftfeuchtigkeit: ihr Einfluß auf den natürlichen Wasserhaushalt im Boden und im Organismus der lebenden Pflanze.

Zu den Niederschlagsverhältnissen in Beziehung gesetzt erscheint der mittlere Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre über der Südküste und ihrem nächstgelegenen Hinterlande während der Wintermonate hoch genug, um die durch Verdunstung hervorgerufenen Wasserverluste des Bodens und seiner Pflanzendecke mit dem Wasserersatz durch fallende Niederschläge in

[1]) Dem scheinen die Spalten δ und ζ zu widersprechen; indessen findet der Widerspruch in einer der Randbemerkungen der Tabelle (s. S. 25) seine Erklärung.

[2]) Ueber die Höhe des Poiso s. d. Fußnote [1]) auf S. 26.

Einklang zu bringen. Soweit nicht gerade außergewöhnlich regenarme Wintermonate in Frage kommen, wäre somit die Gleichung annähernd erfüllt: „Wasserverbrauch (seitens der Pflanzen) + Wasserverluste (durch Verdunstung) = Wassereinnahme (durch Niederschläge)".

In den Monaten April bis Oktober ist dagegen der Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre für die südlichen Küstengegenden in wasserwirtschaftlicher Hinsicht ungenügend. Feuchtigkeitsgrade nahe dem Sättigungspunkte wären hier für die Bodenkultur von großem Werte. Sie würden während der sommerlichen Trockenzeit die Wasserverdunstung im Boden und im Pflanzenkörper verringern und auf diesem Wege wirtschaftlich nachteilige Verluste an Bodenfeuchtigkeit — wenigstens zum Teil - verhindern können. Gerade die klimatisch so bevorzugte Südküste empfindet diesen Mangel am meisten und um so mehr, als in den Mittagstunden, wenn die Sonnenstrahlen am intensivsten erwärmen und Wasser entziehen, die relative Luftfeuchtigkeit am niedrigsten ist und die Durchschnittswerte der Tabelle J noch nicht einmal erreicht.

Mit zunehmender Meereshöhe schwindet auf der Südseite das ungünstige Verhältnis zwischen Luftfeuchtigkeit und Niederschlagsmengen mehr und mehr. In der Nähe der Ackerbaugrenze hat die dem Sättigungspunkte nahekommende relative Luftfeuchtigkeit selbst im Sommer nur eine geringe und höchstens zeitweise vorhandene wirtschaftliche Bedeutung. Während der Wintermonate kann von einer solchen überhaupt nicht die Rede sein.

Aehnlich, wie hier, liegen die Verhältnisse auf der Nordseite des Gebirges. Einen gewissen Wert hat der beständig hohe Wassergehalt der Atmosphäre für die Ackerbaudistrikte der Nordküste nur dann, wenn die ungleichmäßig verteilten Niederschläge des Sommers längere Unterbrechungen erfahren und es sich für den Landwirt darum handelt, seinem Boden auf künstlichem Wege Wasser zuzuführen und Wasserverluste durch Verdunstung möglichst eingeschränkt zu sehen. Im höher gelegenen Binnenlande lassen die zu allen Jahreszeiten fallenden reichlichen Niederschläge auch eine nur vorüber-

gehende wirtschaftliche Bedeutung der Luftfeuchtigkeit völlig verschwinden.

Die relative Trockenheit der Luft über den Wolken hat für die landwirtschaftliche Bodenkultur Madeiras keine wesentliche Bedeutung, — es sei denn, daß im Hochgebirge unter ihrem Einflusse Wassermengen zur Verdunstung gelangen, die, wären sie nicht auf diese Weise in die Atmosphäre zurückgekehrt, ihren Weg nach der Küste hin genommen hätten und dort der künstlichen Bodenbewässerung dienstbar gemacht werden könnten. Wie groß die Wassermengen sind, die durch Verdunstung im Hochlande den natürlichen oberirdischen und unterirdischen Wasseradern und ihrer wirtschaftlichen Nutzbarmachung im Tieflande verloren gehen, das entzieht sich jeglicher, wenn auch noch so oberflächlichen Schätzung.

Wenn wir jetzt, am Schlusse unserer Betrachtungen zurückblickend die klimatischen Verhältnisse Madeiras noch einmal in ihrer Gesamtheit an uns vorüberziehen lassen und ihre vegetativ wirkenden Kräfte vom Standpunkte des Landwirts aus einer vergleichenden Beurteilung unterziehen, lassen sich die Resultate folgendermaßen kurz zusammenfassen:

1. Wärme, Wasser, Licht und Luft, die der Sonne und der Atmosphäre entstammenden, unentbehrlichsten Lebensbedürfnisse höherer Pflanzen, vereinigen sich auf Madeira örtlich und zeitlich in mannigfach wechselndem Verhältnis zu gemeinsamem vegetativen Wirken und verleihen dem Klima als Vegetationsfaktor einen in gleicher Weise wechselnden agrikulturellen Nutzwert.

2. Wärme, Licht und Luft [1]) stehen trotz ihrer ungleichmäßigen Beschaffenheit doch überall auf der Insel in solcher Menge bezw. Intensität zur Verfügung, daß sie, für sich allein betrachtet, ein gedeihliches Pflanzenleben begünstigen und auf die landwirtschaftliche Bodenkultur nirgends einen direkt nachteiligen Einfluß ausüben können, – vorausgesetzt, daß der Landwirt sich in der Wahl der anzubauenden Kulturgewächse und ihrer Anbaumethoden und in der Höhe der zu erzielenden Ernteerträge den einmal gegebenen, unkorrigierbaren Temperatur-, Licht- und Luft-Verhältnissen anpaßt.

3. Anders das Wasser: Es wird dem Boden Madeiras aus der Atmosphäre nach Ort, Zeit und Menge so ungleichmäßig zugeführt, daß, wo es in hinreichender Menge zur Verfügung steht, der Kulturboden ununterbrochen eine intensive Produktionskraft zu entfalten vermag, während, wenn es an Wasser mangelt, die vegetativen Kräfte desselben Bodens und Klimas selbst bei denkbar günstigstem Zusammenwirken der unter 2. genannten Faktoren erheblich verringert, im ungünstigsten Falle auch völlig wirkungslos gemacht werden können.

Mit anderen Worten: Das durch Niederschläge zur Erde gelangende Wasser entscheidet allein über die natürliche, Pflanzen bildende Wirksamkeit der im Boden schlummernden vegetativen Kräfte.

Es kann für Madeira als ein glücklicher Zufall betrachtet werden, daß von den vier klimatischen Vorbedingungen des Pflanzenlebens gerade das Wasser verhältnismäßig am leichtesten, leichter als Wärme, Licht und Luft, auf künstlichem Wege gewonnen und einem Boden zugeführt werden kann, wenn die Natur in dieser Beziehung ihre Mitwirkung versagt. Was die Natur Madeiras unter den vorliegenden Umständen gewissermaßen selbst zu fordern schien, trat denn auch ein: Der Gedanke der künstlichen Bodenbewässerung, dieser uralten Errungenschaft menschlicher Kultur, fand auf der Insel

[1]) Es soll hier auf die wechselnden Mengen der der Luft beigemengten Atmosphärilien, insbesondere des Wasserdampfes hingewiesen sein, sowie auf die Verschiedenheit der in den untersten Schichten der Atmosphäre stattfindenden Luftbewegungen.

bald nach ihrer Entdeckung und Besiedelung Eingang und erlangte innerhalb weniger Jahrzehnte für die wertvollen und doch vom Klima so widerspruchsvoll bedachten Ackerbaugegenden der Südküste eine Bedeutung, der wir in unseren heimischen landwirtschaftlichen Verhältnissen etwas annähernd Aehnliches nicht an die Seite stellen können. Die ältesten mir bekannt gewordenen Urkunden über das madeirensische Bewässerungswesen, Erlasse des Königs Johann II. von Portugal, stammen aus dem Jahre 1493 und lassen erkennen, daß das Bewässerungswesen zu jener Zeit bereits eine hervorragende Rolle in der Verwaltung und im öffentlichen Leben Madeiras gespielt haben muß. Die folgenden vier Jahrhunderte haben ihm von seiner wirtschaftlichen und kulturellen Bedeutung nichts nehmen können; im Gegenteil stieg mit der Ausbreitung der Bodenkultur auch sein Einfluß auf Handel und Wandel, und sein Wert für die volkswirtschaftliche Entwicklung der Insel und ihrer Bevölkerung.

So wurde das fließende Wasser für Madeira und seine Pflanzenwelt das, was das Blut für den menschlichen Körper ist: Wo es im Boden zu wirken vermag, aufbauend, erhaltend, befruchtend, da ist üppiges Leben, Wachstum, Fortschritt. Und der Mensch lebt *mit* seinem Boden, *mit* seinen Pflanzen. Der Bewohner Madeiras — soweit er in nicht regensicheren Gegenden seinem landwirtschaftlichen Gewerbe nachgeht, — erblickt im fließenden Wasser, über das er verfügen darf, die Vorbedingung aller erfolgreichen beruflichen Arbeit. In seinen Augen ist die Bewässerung eine Lebensfrage, das Wasser ist ihm Ware, Geldeswert, Reichtum. —

Und dennoch! — ich komme hier wieder auf das zurück, was ich am Schlusse des ersten Kapitels ausführte, — trotz seiner hohen Meinung vom Werte des Wassers wirtschaftet der Madeirense nicht so, wie er von Rechts wegen wirtschaften müßte. Ich deutete bereits früher an, daß das Gebirge seines ehemaligen Waldschmuckes durch jahrhundertelange, planlose Waldverwüstung und -Verwahrlosung zum großen Teile beraubt ist und seine natürliche Funktion als Hochbehälter der tiefer liegenden Küstenstriche nur sehr

mangelhaft erfüllen kann, weil seine vegetationsarme Oberfläche der Gefahr der Denudation ausgesetzt ist und die spärlichen Reste des früheren Waldbodens die fallenden Niederschläge nicht mehr in hinreichendem Maße aufsaugen und festhalten können. Wenn künftighin die Nachfrage nach Wasser in den Ackerbaugegenden des Südens noch weiter so zunehmen sollte, wie es bisher der Fall war, oder wenn sie auch nur ihre heute erreichte Höhe beibehält, dann muß sich über kurz oder lang in der Dürrezeit ein immer empfindlicher werdender Wassermangel auf der Insel einstellen und die an sich schon geringe mittlere Rentabilität der Bodenkultur ernstlich gefährden. Denn viele unter den Flüßchen und Bächen der Insel — von „Flüssen" darf man auf Madeira nicht reden! —, deren Wasser seit langer Zeit zur Anfeuchtung des Ackerlandes verwendet wird, pflegen jetzt schon fast alljährlich während des Hochsommers, wenn der Wasserbedarf seinen Höhepunkt erreicht, entweder völlig auszutrocknen, oder nur das Wasser zu führen, welches ihnen die sommerlichen Niederschläge im Gebirge zukommen lassen. Es liegt auf der Hand, daß, wenn solche Verhältnisse weiter bestehen bleiben, die natürlichen Wasserläufe den Bedarf schwerlich auf die Dauer befriedigen werden, und das Wasser mit der Zeit einen unerschwinglich hohen Kaufpreis erlangen muß. Anders, als durch eine im großen durchgeführte, systematische Wiederaufforstung der entwaldeten Gebirgsgegenden wird man meines Erachtens auf Madeira der immer größer werdenden Gefahr des Wassermangels nicht entgegenarbeiten können.

Es muß hier unentschieden bleiben, ob durch die Neubelebung der Waldvegetation im Gebirge auch auf eine Vermehrung der Regenmengen gerechnet werden kann. Die Frage, ob der Mensch durch künstliche Bewaldung oder Entwaldung die Niederschlagsmengen einer Gegend beeinflussen kann, ist z. Zt. noch eine offene. Einige diesbezügliche Beobachtungen, wie die von Blanford, Hettner, Müttrich und Hamberg angestellten, scheinen dafür zu sprechen; auch auf Madeira selbst will man eine Verminderung der Niederschläge beobachtet haben. Indessen leugnen verschiedene Forscher,

wie z. B. Köppen, die Möglichkeit dieses menschlichen Einflusses auf das Klima. Aber wie dem auch sein mag, ein besseres „Haushalten“ mit den im Winter fallenden Regenmengen, das Aufspeichern des Wassers für den Sommer und sein allmähliches, gleichmäßigeres Abfließen nach der Küste hin würde durch eine Wiederaufforstung des Gebirges sicher erreicht werden können.

Was hier im großen für die Allgemeinheit gilt, das gilt auch im kleinen für den Einzelfall: Der bewässerte Ackerboden Madeiras müßte ebenso wie der Waldboden mehr, als es tatsächlich geschieht, nach den Grundsätzen eines geregelten Wasserhaushalts bewirtschaftet werden. Ein gesparter Pfennig ist dasselbe wert, wie ein mühsam erworbener, und mit dem Wasser ist es auf Madeira nicht anders. Der Mittel und Wege, um sparsam mit dem Wasser im Boden zu wirtschaften, d. h. Wasserverluste zu vermeiden, hat der Landwirt ja eine ganze Anzahl. Es möge hier nur an die Vermehrung des die Wasserkapazität beeinflussenden Humusgehalts im Boden, an die Verbesserung seiner Wasserleitungsfähigkeit und deren Unterbrechung unter der Bodenoberfläche durch Lockerung derselben, kurzum an alles das erinnert sein, was Wasserverluste durch unterirdisches Abfließen und allzu starkes Verdunsten im Boden verhindern kann.

Es liegt in dieser Hinsicht bei den Landwirten Madeiras so manches im argen. Möge ihnen die kommende Zeit die so dringend nötige bessere Einsicht und Wandelung bringen, ehe es zu spät ist! Wenn irgend etwas, so bestätigt Madeiras wirtschaftliche Vergangenheit und Zukunft die Wahrheit dessen, was ein Dichter und Philosoph des Altertums in die drei Worte kleidete:

ΑΡΙΣΤΟΝ ΜΕΝ ΥΔΩΡ.

Vita.

Geboren wurde ich, Johannes Paul Richter, am 8. April 1867 zu Dresden als Sohn des Kaufmanns Friedrich Reinhold Richter. Meine Vorfahren von väterlicher und mütterlicher Seite gehörten ihrer Konfession nach seit unbekannter Zeit der evangelisch-lutherischen Landeskirche an. Bis zum Ende meines zwanzigsten Lebensjahres lebte ich im elterlichen Hause, besuchte von Ostern 1874 ab die Schule in Dresden und beendigte meine Schulzeit im Jahre 1887 mit dem Bestehen der Reifeprüfung auf dem Gymnasium zum Heiligen Kreuz in Dresden. In der Absicht, Seeoffizier zu werden, trat ich unmittelbar darauf in die Kaiserliche Marine ein, vertauschte aber im Herbst 1888 diese Laufbahn mit dem Studium des Schiffbaues an der Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin-Charlottenburg. Zwei Jahre später veranlaßten mich gesundheitliche Rücksichten und ärztliche Bedenken, auch von diesem Berufe abzusehen. Ich unternahm zur Wiederherstellung meiner Gesundheit im Herbst 1890 eine Reise nach der Westküste Südamerikas und entschloß mich während meiner Rückkehr von dort im Frühjahr 1891, praktischer Landwirt zu werden. Als solcher habe ich in den Jahren 1891 und 1893 bis 1896 praktisch in größeren Gutswirtschaften Holsteins, Thüringens, Sachsens und Schlesiens gearbeitet. Diese Lehrjahre wurden aus Anlaß einer überstandenen schweren Krankheit von Ostern 1892 ab durch eine einjährige Studienzeit an der Universität Halle a/S. unterbrochen. Nach Abschluß meiner praktischen Ausbildung erwarb ich im Sommer 1896 das

Rittergut Groß Logisch im Kreise Glogau und bewirtschaftete dasselbe selbständig bis zum Jahre 1900. Nach seinem Wiederverkauf nahm ich im Herbst 1900 an der Universität Leipzig die in Halle a/S. begonnenen landwirtschaftlich-theoretischen Studien wieder auf und beendigte sie i. J. 1904 mit dem Bestehen der landwirtschaftlichen Staatsprüfung und der kulturtechnischen Prüfung. Die letztvergangenen vier Jahre (1905—08) wurden zu einer längeren Studienreise nach Madeira und weiterhin dazu verwendet, die auf Madeira gesammelten Studienresultate zu bearbeiten und schriftstellerisch zu verwerten.

Druck von Straubing & Müller, Weimar.